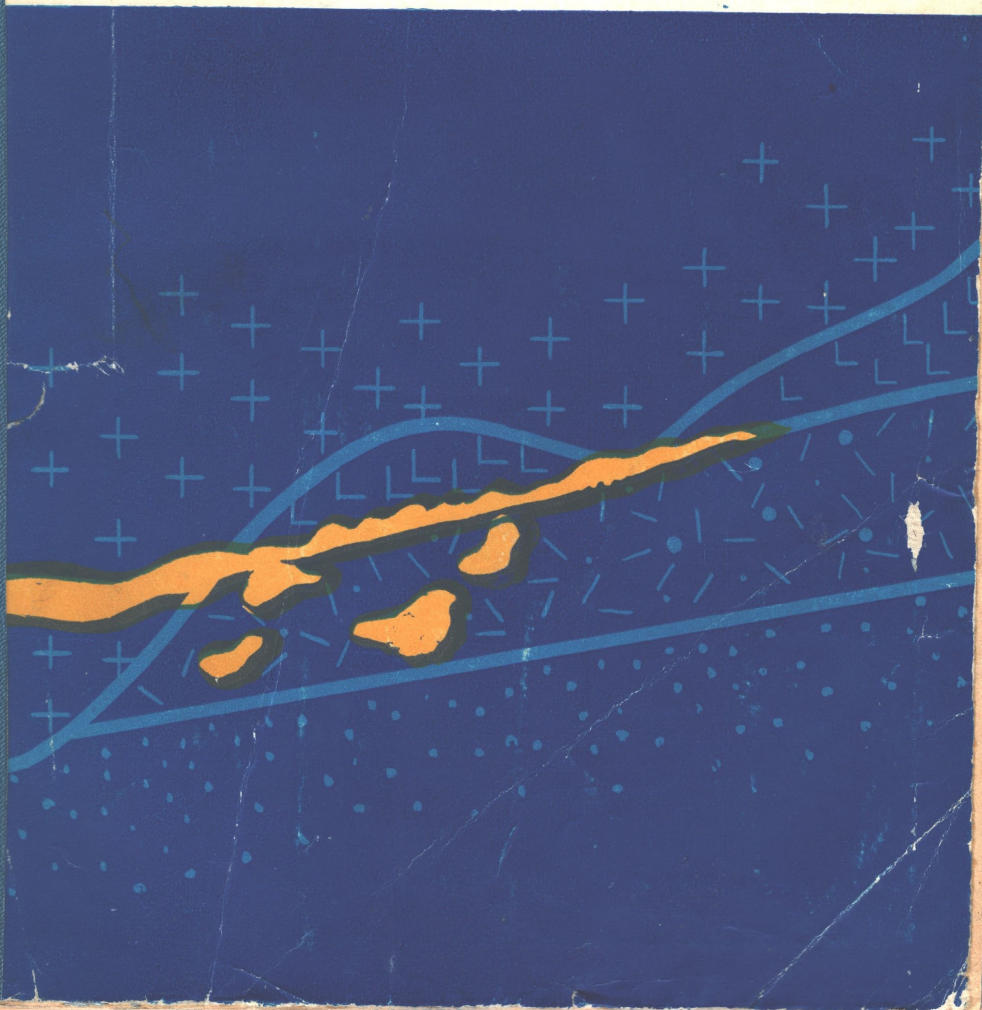


553.43(571.511)

С 50

Строение Норильских никеленосных интрузий и их сульфидные руды

М.Ф. СМЕРНОВ



ПРОИНВЕНТАРИЗИРОВАНО

НА «31.10.2012»

473618

SSI.43/(571.511)

ССО Смирнов М.Р.
Строение норильских
никелемосных интрузий и их сульфидные руды.

25.09.12 -
переплет

25к.

473618

Смирнов

МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ СССР

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ (ВИМС)

М. Ф. СМЕРНОВ

СТРОЕНИЕ НОРИЛЬСКИХ
НИКЕЛЕНОСНЫХ ИНТРУЗИЙ
И ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ
ИХ СУЛЬФИДНЫХ РУД



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НЕДРА», МОСКВА, 1966.

Аннотация

В книге описаны условия образования анкеритов Норильского района, литологические особенности формирования рудных анкеритов, а также вопросы вулканизма, стратиграфии и возраста анкеритов.

По-новому трактуется и условия формирования анкеритов и связанного с ней сульфидного медно-никелевого оруденения. Рудные анкериты впервые рассматриваются как субвулканы, гидротермализация которых объясняется последовательной миграцией жидкостей.

Кроме того, описано строение и дачно-минеральный состав рудных зон интрузии Норильск-1, а также особенности литологического состава руд, кристаллическая структура анкеритовых типов — марганцевых (карбонатных) и гидротермальных (сульфидных).

Книга представляет большой интерес для геологов и металловедов, работающих на медно-никелевые месторождения.

НАУЧНЫЙ РЕДАКТОР Н. А. КОРОТКОВ

ПРЕДИСЛОВИЕ

М. Ф. Смирнов является бывшим сотрудником ВНИМС, затем ряд лет он работал в Норильске, где им выполнялись различные работы: геолого-поисковые, разведочные (включая подсчеты запасов) и особенно разнообразные работы по рудничной геологии на Норильских месторождениях. Такой разнообразный характер работ позволил М. Ф. Смирнову собрать и обобщить большой геологический материал, приведший его к существенным, по сравнению с другими геологами, выводам по вопросам тектоники района, механизму внедрения никеленосных интрузий, формированию их сложного строения и генезису сульфидных медно-никелевых руд.

Можно соглашаться или не соглашаться с выводами М. Ф. Смирнова, в частности некоторые из них противоречат и моим представлениям, но, поскольку эти выводы касаются очень важных и до сих пор дискуссионных вопросов в геологии Норильского района, они вполне заслуживают опубликования, так как только при освещении спорных вопросов с различных точек зрения можно прийти к их более достоверному разрешению.

Так как М. Ф. Смирнов и сейчас работает в Норильске располагает большим геологическим материалом и желательно было бы продолжить начатые им исследования в следующих направлениях:

а) более полно изложить свои представления по тектонике района иллюстрировав их стратиграфическими колонками разре-

зами и другими данными, чтобы доказать наличие в районе крупных грабенов большей протяженности;

б) полнее развить свои взгляды о корнях выделенных им групп рудоносных интрузий и формировании их зонального строения.

При изложении своих взглядов о генезисе сульфидных медно-никелевых руд М. Ф. Смирнов опирается на усредненные по типам руд пересчеты их анализов на пирротин, пентландит, халькопирит и миллерит. Этими средними данными затушевывается дифференциация сульфидов внутри каждого типа руд: жильных, вкрапленных в габбро-диабазы, вкрапленных в песчаники и других подстилающих породах. Желательно было бы поэтому продолжить такие пересчеты внутри каждого типа руд по их дифференциатам, широко варьирующим в большинстве из этих типов от преимущественно пирротиновых до существенно халькопиритовых и бормитовых руд.

Необходимо было бы произвести эти пересчеты не на условные формулы, принятые сейчас для пирротина, халькопирита, миллерита и пентландита, а на реальные формулы этих минералов в месторождении, вычисленные по данным их химических анализов.

Каждая из этих работ, безусловно, нашла бы незамедлительно свое место в печати.

И. Коровякова
(ВИМС)

ВВЕДЕНИЕ

Медно-никелевые сульфидные месторождения северо-западной окраины Сибирской платформы служат более 30 лет объектом исследований ряда организаций и лиц. Имеется значительная литература по геологии района и рудным месторождениям.

В опубликованных работах А. Е. Воронцова, М. Н. Годлевского, А. Д. Генкина, Н. С. Зонтова, В. К. Котудьского, И. А. Коровякова, Г. Г. Моора, А. Е. Нелюбина, Б. Н. Рожкова, Г. Б. Роговера, З. А. Райковой, Н. Н. Урванцева, П. К. Хортовой, Ю. М. Шеймана, М. Е. Яковлевой и других нашли свое отражение материалы полевых исследований, разведки и рудничной геологии. Автор пользовался всеми этими работами, но в результате их критического рассмотрения и сопоставления со своими многолетними наблюдениями пришел по ряду вопросов к иным выводам, существенным, по его мнению, для понимания условий образования никеленосных интрузий Норильского района, что и явилось основанием публикации данной работы.

Учитывая, что общие вопросы геологии и петрологии трапповой формации района, минералогии и геохимии норильских месторождений хорошо известны из работ вышеуказанных исследователей, автор касается этих вопросов весьма кратко, лишь постольку, поскольку это необходимо для общей связи изложения материала основной темы работы.

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ПО ГЕОЛОГИИ НОРИЛЬСКОГО РАЙОНА

Норильским районом называется правобережье Енисея между семидесятой параллелью и долиной р. Хантайки, ограниченное с востока линией, проходящей через середины озер Лама—Хета—Хантайское.

По характеру рельефа здесь выделяются горная и равнинная части. К первой относятся столовые горы Норильского плато, плато Хараелах (Еловый камень) и западная окраина плато Сыверма, а ко второй — долины рек Енисея, Пясиной, Норилки, Рыбной и Хантайки. Абсолютные отметки высот на Норильском плато достигают 770 м, на плато Сыверма — 1200 м; высота равнинной части находится в пределах 80—150 м с отдельными возвышенностями до 200—250 м.

В геологическом отношении Норильский район относится к Сибирской платформе, представляя ее северо-западную окраину. В основании геологического разреза здесь лежат морские палеозойские осадки, состоящие из известняков, мергелей, доломитов и известковых и пестроцветных сланцев с линзами галогенных отложений. Они дают с некоторыми перерывами разрез от среднего кембрия до нижнего карбона включительно. Общая мощность разреза до 4000—4500 м. Южнее района на поверхность выходят также породы нижнего кембрия. На фоне общего погружения района в этот период времени (Урванцев, 1958) обмеления и регрессия моря, фиксируемые отложениями пестроцветных сланцев с галогенными породами, отмечаются в среднем кембрии, среднем и верхнем ордовике, нижнем и среднем силуре и в девоне. Нижне-каменноугольные отложения представлены известняками с редкими линзами и прослоями песчаников в верхних горизонтах.

В среднем карбоне начинается накопление лагунных и континентальных отложений тунгусской серии, максимальная мощность которых в западной части района достигает 450 м. Тунгусская серия состоит из песчано-глинистых и углистых сланцев, полимиктовых и аркозовых песчаников, пластов каменного угля, тонких прослоев конгломератов и очень редких линз известняка. По палеоботаническим исследованиям в Норильском районе она делится на пять свит, из которых две нижние (апсеканская и рудниковская) относятся к среднему и нижнему карбону, а три верхние (шмидтинская, кайерканская и амбаринская) — к перми. Накопление угленосных осадков не было непрерывным, а сменялось размытиями ранее образовавшихся пластов и свит, носившими, однако, локальный характер.

На размытой поверхности тунгусской серии, по-видимому, сокрытым угловым несогласием, залегает третий крупный стратиграфический комплекс района — эффузивная серия мощностью до 1500 м. Степень изученности этих пород в разных участках Норильского района не одинакова, что затрудняет составление сводного стратиграфического разреза (Я. И. Полькин, 1959).

Толща эффузивных пород в районе месторождений Норильск I впервые была описана и расчленена на отдельные горизонты В. К. Котульским (1943). Основные положения этого автора нашли свое подтверждение в дальнейших исследованиях М. Н. Годлевского, И. А. Коровякова (1947, 1948) и других. Среди норильских лав выделялись покровы спилитов, двуполовошпатовых порфиритов, пикритовых и толентовых диабазов, базальтов с подчиненными им туфами и туффитами. Наличие в толще лав туфитовых горизонтов небольшой мощности (от 3 до 30 м), но пользующих повсеместным или почти повсеместным распространением, рассматривалось как свидетельство происходящих в районе вулканических циклах, отделяемых один от другого более или менее длительными периодами покоя, во время которых вновь создавались условия для накопления терригенных осадков и каменных углей.

Туффиты — это чаще всего осадочные породы с небольшой примесью пирокластического материала; среди них залегают прослои глинистых и углистых сланцев и высокозолевых, обычно графитизированных, каменных углей. Один из туфитовых горизонтов, обнаруженный впервые А. И. Корешковым, имеет пласт каменного угля рабочей мощности (плато Сыверма).

Было установлено, что характерной особенностью эффузивных пород Норильского района является различие в химическом составе лав, даже в пределах одного вулканического цикла, отражающее дифференциацию в глубинном очаге магмы. В крайнем по основности продукте этой дифференциации — пикритовом порфирите — содержание никеля в четыре-пять раз выше среднего для траппов района.

Для месторождения Норильска П. Б. Н. Рожковым (1936) было установлено, что начало вулканической деятельности относится к верхней перми; это сейчас принимается большинством исследователей для Норильского района в целом, хотя возможно имели место и отдельные более ранние всплески вулканизма. Конец вулканической деятельности датируется или верхним триасом, или нижней юрой, но надежных палеонтологических данных для этого не имеется; достоверно можно говорить только о том, что главная масса вулканогенных пород относится к триасу.

В западной части района были вскрыты меловые отложения, но характер залегания их неясен. Четвертичные осадки представлены ледниковыми, морскими, озерными и современными аллювиальными образованиями. В долинах мощность их достигает 150 м. Следует отметить значительное смягчение климата в межледниковую эпоху, результатом которого было образование зон окисления сульфидных медно-никелевых месторождений и газовое выветривание пластов каменного угля.

Пликативные структуры Характерными пликативными структурами в Норильском районе являются пологие синклинали и плоские валы, занимающие промежутки между синклиналями. К первым относятся структуры Норильского плато и плато Хараелаха, ко вторым — Хантайско-Рыбинский вал, Пясинская антиклиналь, антиклиналь долины р. Норилки. Тунгусская синеклиза входит в рудоносный район своей западной кромок.

В среднем течении р. Дудинки и южнее по р. Фокиной в западном крыле Норильской синклинали имеются необычные для района короткие с крупопоставленными крыльями брахантиклинали с нижним карбоном и девоном в ядре складки. Эти складки являются, по-видимому, переходными от платформенных структур к линейной складчатости.

Дизъюнктивные дислокации. Норильский район представляет собой мозаику глыб разных порядков и величин, ограниченных сбросами или находящихся внутри грабенов. Особенно часты и велики по размаху дизъюнктивы на площади, расположенной к западу от Хантайско-Рыбинского вала. В Тунгусской синеклизе они встречаются реже и имеют сравнительно небольшие амплитуды. По берегам озер Лама, Хета и Хантайское, где можно наблюдать почти сплошные обнажения, верхние горизонты вулканогенной серии не имеют крупных разрывов.

Дизъюнктивные дислокации в Норильском районе группируются в двух главных направлениях: северо-северо-восточном (субмеридиальном) и запад-северо-западном (субширотном). Преобладают и более значительны по размаху субмеридиональные трещины. Имеются и диагональные северо-восточного направления, опережая разрывы с большими амплитудами смещения.

По своей природе они являются типичными гравитационными структурами. Характерной формой их служат узкие, но глубокие грабены и ступенчатые сбросы с амплитудами смещения от десят-

ков до сотен метров, а в наиболее крупных — свыше тысячи метров (грабен руч. Медвежьего). Ступенчатые разрывы с крутыми углами падения сбрасывателя являются нормальными сбросами и только в некоторых случаях благодаря волнистой поверхности трещины падение ее бывает направлено в сторону поднятого крыла. Крутые сбросы иногда переходят в пологие смещения. Часто это происходит при пересечении пластов каменного угля или углистых сланцев. Встречаются пологие смещения с амплитудой до первых десятков метров, непосредственная связь которых со сбросами не устанавливается; в рудоносных интрузиях они обычно параллельны контактам дифференциатов, в осадочных и эффузивных породах проходят по напластованию.

В грабенах опущенные блоки имеют вид клина, разбитого на блоки и клинья вышших порядков диагональными и параллельными трещинами. Острые клина всегда направлено вниз. Иногда сброс по простиранию переходит в пучок трещин. Характерно наличие зеркал скольжения и тектонической брекчи даже в небольших передвигах. Для пологих смещений отмечались случаи неоднократного движения горных масс: сначала в одну, потом в другую сторону.

Протяженность сбросов и грабенов велика: крупные структуры (с амплитудами смещения в сотни метров) простираются на расстояния более ста километров и уходят за пределы района, более мелкие (с амплитудами в десятки метров) — на километры и десятки километров; трещины с амплитудами, измеряемыми дециметрами, — на сотни метров. Опущенными чаще являются крылья со стороны антиклинальных структур.

Суммарный эффект оседания Хантайско-Рыбинского вала и Тунгусской синеклизы за счет дизъюнктивной тектоники близок к 1000 м.

Надо полагать, что грабены и сбросы крупного масштаба генетически связаны с трещинами фундамента платформ. Это дислокации глубокого заложения. Некоторые геологи считают их древними дотунгусскими или, во всяком случае, дорудными образованиями, подновленными более поздними движениями. С дислокациями, имеющими по этим представлениям длительное развитие, связывается проникновение рудоносной магмы и размещение медно-никелевых месторождений. Однако данные изучения не подтверждают таких предположений: рудные интрузии смещаются одинаково с подстилающими их палеозойскими породами, а наблюдающееся при геологических съемках различие в возрасте пород, подстилающих тунгусскую серию в опущенном и поднятом крыльях сбросов, объясняется трансгрессивным залеганием последней. Таким образом, вопрос о пространственной связи пострудных дизъюнктивных дислокаций с дорудными глубинными разломами остается открытым и становится сомнительными прогнозы по рудоносности отдельных участков района, основанные

на идее постоянства линий разрывов на платформе в течение нескольких геологических периодов и фаз тектонической деятельности.

ИНТРУЗИВНЫЕ ТРАППЫ НОРИЛЬСКОГО РАЙОНА

Большую роль в геологическом строении Норильского района играют интрузивные траппы. По форме залегания среди них можно выделить: 1) ластовые тела от небольших силлов до залежей объемом, измеряемым сотнями кубических километров; 2) хонолиты «малых интрузий» или субвулканов; 3) дайды, мощность которых не превосходит нескольких метров, в отдельных случаях — первых десятков метров; 4) интрузии, форма которых не установлена

Среди хонолитов выделяются стратифицированные рудосносные интрузии габбро-диабазов. По геохимическим признакам основные интрузивные траппы Норильского района сходны с гипербазитивной магмой (Годлевский, 1959).

Интрузивные траппы встречаются уже в низах морского палеозоя, по-видимому, в виде пластовых залежей, но наиболее значительное количество их сосредоточено от девона до нижней части эффузивных пород включительно. Здесь, в частности, лежат все интрузии габбро-диабазов, имеющие промышленное содержание сульфидов. Поэтому отложения девона, тунгусской серии и низы эффузивов следует считать продуктивным этажом района, на что еще в 1943 г. справедливо указал В. К. Котульский. Вторым местом концентрации интрузивных траппов в геологическом разрезе являются верхние горизонты вулканогенной серии в средней и западной частях Норильского плато. Промышленных медно-никелевых сульфидных месторождений здесь не найдено. В плане интрузивные траппы распределены неравномерно и образуют группу или поля интрузивных тел. Площадь, занимаемую группой медно-никелево-платиновых месторождений, характеризующуюся общими чертами формирования рудосносных интрузий, мы называем рудным полем. «Енисейское рудное поле» В. К. Котульского (1943) правильнее называть медно-никелево-платиновой металлогенической провинцией Сибирской платформы, совпадающей с петрографической провинцией эффузивных и интрузивных никеленосных гипербазитов. Норильский район представляет собой часть этой провинции.

Наиболее хорошо изучены интрузии Норильского рудного поля, расположенного на сочленении Норильской синклинали с Хантайско-Рыбинским валом и антиклинальной структурой его северо-западной ветви (рис. 1).

Структура рудного поля несложна (см. рис. 1). На Кайерканской возвышенности осадочные и эффузивные породы имеют меридиональное простирание и пологое падение на запад ($5-10^\circ$). Несколько южнее верховьев р. Амбарной в пределах Далдыкан-

ского каменноугольного месторождения меридиональное простирание сменяется широтным, а далее на восток — северо-восточным с падением в южных румбах. Это направление простирания пород прослеживается до горы Шмидта, где оно снова сменяется широт-

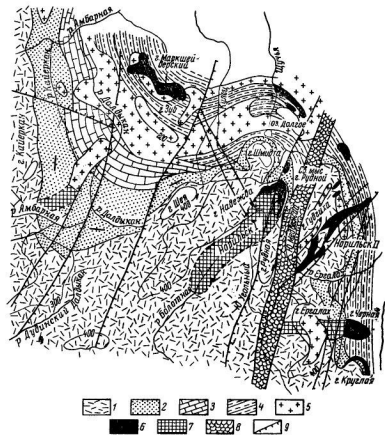


Рис 1 Схематическая геологическая карта Норильского рудного поля

1 — эффузивная вулканогенная серия, 2 — тунгусская серия, 3 — известняки нижнего карбона 4 — девонские отложения, 5 — недифференцированные и слабо дифференцированные интрузии габбро-диабазов; 6 — дифференцированные интрузии габбро-диабазов; 7 — контуры подземного продолжения интрузий, 8 — тектониты Вольского грабена (грабен руч. Медвежьего); 9 — сбросы

ным, а затем на горе Рудной — меридиональным с падением на запад. Восточная часть рудного поля от горы Рудной до Хангайско-Рыбинского вала имеет моноклинальное падение пород на запад с углами от 10—15 до 18—20°. Этими элементами залегания четко очерчиваются Пясинская антиклиналь (с южной сторо-

ны) и Норильская синклиналь (с северной стороны). Главные дизъюнктивные дислокации показаны на рис. 1. Отметим, что блок, находящийся на востоке от Большого грабена рудного поля (района месторождений горы Черной и Норильска II), опущен по сравнению с горой Рудной более чем на 500 м.

Пластовые залежи. Пластовую форму залегания в Норильском рудном поле имеют интрузии титан-авгитового диабаз и лабрадор-порофрита.

Титан-авгитовый диабаз залегает в средней части тунгусской серии на границе карбона и перми. В пределах площади рудного поля интрузия приурочена к внутриформационному разрыву, к западу от которого, в верховьях р. Амбарной, она быстро выклинивается. За пределами рудного поля титан-авгитовый диабаз прослеживается по восточной кромке Норильского плато, по западной кромке плато Сыверма и по южной — плато Хараелах. На Норильском плато площадь его распространения превышает 2000 км², а с учетом Хараелаха, Сывермы и эродированной части эта цифра должна быть увеличена не менее чем в три раза. Мощность интрузии в Норильском плато находится в пределах 40–60 м, в восточной части района — до 80 м. Часто она состоит из двух или нескольких ветвей, которые переходят из одного контакта в другой. В одной из скважин, пробуренной западнее месторождения Норильск I, силл титан-авгитовых диабазов небольшой мощности встречен на контакте тунгусской и вулканогенной серий, южнее Норильского района, между реками Кулумбе и Горбиячин, в эффузивных породах. Титан-авгитовый диабаз — темная порода с интерсертальной, реже долеритовой основной массой с небольшими вкраплениями лабрадора и более крупными — титан-авгита. Центральная часть залежи носит субщелочной характер (Годлевский, 1959). В выходах между реками Кулумбе и Горбиячин, по сообщению геологов П. П. Дейнеги и С. П. Степанова (1958), титан-авгитовый диабаз имеет крупнозернистые пегматитовые обособления.

Лабрадоровый порфирит представлен двумя интрузиями, приуроченными к туфитовым горизонтам, одна (нижняя) — к туфитам, подстилающим двуполощопатые порфириты, другая (верхняя) — к туфитам, залегающим на пикритовых порфиритах. Нижняя залежь имеет мощность 30–40 м и распространяется по всей площади Норильского рудного поля, где лавы триасового возраста не эродированы; она прослеживается также вдоль восточной кромки Норильского плато и за Хантайско-Рыбинским валом на плато Сыверма. Установленная площадь ее распространения на Норильском плато составляет несколько сот квадратных километров, если учесть эродированную часть породы, присутствующую на плато, то нижняя залежь, по-видимому, достигает по меньшей мере, двух-трех тысяч квадратных километров. Верхняя залежь лабрадоровых порфиритов более эродирована и контуры ее распространения восстанавливаются труднее

Хонолиты. К этому типу интрузивных тел относятся дифференцированные и недифференцированные траппы, но для последних форма залегания не всегда хорошо установлена. Типичными хонолитами в Норильском рудном поле являются следующие интрузии (см. рис. 1 и рис. 2).

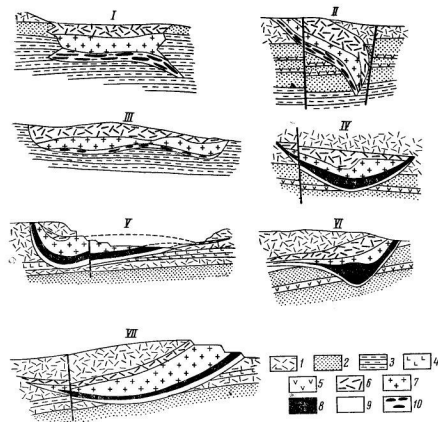


Рис. 2 Поперечные разрезы дифференцированных интрузий
Интрузии I — Черногогорская, II — Норильская, III — Горозубовская IV — южный участок Норильска I, V и VI — западная и восточная ветви Норильска I, VII — северная впадина в ложке Норильска I
1 — вулканогенная серия; 2 — тунгусская серия; 3 — долом; 4 — лабрадоровый порфирит, 5 — титан-авгитовый диабаз, 6 — базальтовые дифференциаты; 7 — оливиновый габбро-диабаз, 8 — пикритовый габбро-диабаз 9 — тахтитовый габбро-диабаз, 10 — чередование пикритового и тахтитового габбро-диабазов

Интрузия Норильск I. Расположена в пределах гор Рудной и Надежды и долины р. Болотной. Длинная ось интрузии ориентирована в северо-северо-восточном направлении, при этом южный и северный концы ее меридионального направления, а средняя часть — северо-восточного направления. По форме поперечного

сечения на юге и в средней части интрузия имеет вид сплюснутой трубки, а в северной части расходитя на две ветви корытообразной формы. С этой интрузией связано главное месторождение рудного поля. Она описана в ряде работ.

Черногорская интрузия. Эта интрузия находится в юго-восточной части рудного поля и выходит на поверхность горы Черной. Она расположена к западу от интрузии Норильск I, но ориентирована в широтном направлении почти перпендикулярно последней. Она лежит в тунгусской серии и девонских осадках и полого поднимается в восточном направлении в сторону Хантайско-Рыбинского вала. Борта интрузии крутые, с короткими апофизами, тулыми клиньями, врезающимися в боковые породы. В северной стороне интрузии имеется рукав мощностью 30—40 м, проследивающийся на 1000 м от интрузии с падением под углом в 30°. Петрографический состав интрузии изучался М. Е. Яковлевой (1947), а также В. А. Черновой, И. А. Корвяковым и З. А. Райковой.

В составе интрузии отмечаются кислые гибридные породы с ксенолитами кровли, амфиболитизированные габбро-диориты с кварцем и без кварца, габбро-диабазы с призматически оритовой структурой (пироксеновые габбро-диориты), оливиновые, пикритовые и такситовые габбро-диабазы. Максимальная минерализация приурочена к такситовым габбро-диабазам.

Интрузия месторождения Норильск II. Месторождение Норильск II расположено на столовой возвышенности, занимающей северо-восточный угол Норильского плато. Северная и Южная интрузии — два наиболее крупных интрузивных тела, к которым приурочена наиболее интенсивная минерализация. Подобно интрузиям горы Рудной простирание их общее — северо-восточное — и лежат они на одной линии. Северная интрузия в поперечном сечении имеет форму эллипса, длинная ось которого падает на юго-восток. Угол наклона поверхности контакта со стороны висячего бока круче, чем со стороны лежащего. В северной части интрузия лежит в девонских отложениях, к югу поднимается под углом 20° и у южной своей границы размещается уже в тунгусской серии и в лавах первого и второго вулканических циклов триаса.

Форма и условия залегания Южной интрузии в общем аналогичны Северной, но она поднимается не в южном, а в северном направлении, ветвится и, вероятно, своими ветвями соединяется с последней. Корнями она уходит к общему с интрузиями Норильск I и горы Черной очагу.

В строении интрузий участвуют, по данным Б. Н. Рожкова и других, пироксеновые габбро-диориты, оливиновые, пикритовые и такситовые габбро-диабазы. Два последних дифференциата часто перемежаются между собой. В строении интрузий большое место занимают оливиновые габбро-диабазы и пироксеновые габбро-диориты.

Кроме описанных выше, на столовой возвышенности месторождения Норильск II расположены две небольшие стратифицирован-

ные интрузии у ущелья Урванцева и одна, вскрытая скважиной, на западном склоне горы Гудчихи. Их форма залегания и состав дифференциатов недостаточно ясны.

Интрузия гор Зуб и Маркшейдерской. К этой интрузии приурочено Горозубовское месторождение медно-никелевых руд. Интрузия расположена в предгорье плато, к северо-западу от горы Шмидта. В отличие от описанных ранее, этот хонолит лежит по простиранию, а не по линиям падения пород. Висячий бок интрузии смят, но интрузивное тело, судя по наличию верхних дифференциатов, эродировано незначительно. Западный и восточный концы интрузии представляют собой мощные раздвиги, а средняя часть — узкую перемычку, соединяющую эти раздвиги. Там, где породы висячего бока сохранились, кровля интрузии спокойная; почва неровная — со впадинами и порогами. Характерны для интрузии крутые борта, образующие с пологой почвой прямые, но несколько сглаженные в вершинах углы.

Юго-восточная часть интрузии лежит в среднем, а северо-западная — в верхнем девоне. Верхним горизонтом Горозубовской интрузии являются гранитовидные гибридные породы, ниже лежат кварцсодержащие габбро-диабазы и нориты, оливиновые габбро-диабазы и габбро-нориты и обогащенные оливином габбро-диабазы (рудноносный дифференциат).

Горостроевская интрузия. Расположена к востоку от Горозубовской и к северу от оз. Долгого. Как и Горозубовская, она вытянута в северо-западном направлении по простиранию пород. Изучена слабо, но по форме залегания и составу дифференциатов ближе всего к интрузии гор Зуб и Маркшейдерской.

Интрузия горы Круглой. Находится к югу от горы Черной, возможно соединяется с рудной Черногорской интрузией. Своими выходами она опоясывает гору Круглую, показывая близкую к пластовому телу форму залегания. Мощность в краевой части 50 м, в центральной — не определена. У бортов сложена порфировой габбро-лейкократовой грубозернистой породой, призматическофиновой структуры, переходящей в габбровую. Содержание сульфидов в этой породе незначительное.

Каерканская интрузия. Эта наиболее крупная из слабо дифференцированных интрузий Норильского рудного поля находится в южной части Каерканской возвышенности. По форме залегания является пологосекущим хонолитом: в восточной части лежит в известняках нижнего карбона, а в западном направлении переходит в породы тунгусской серии. Верхние горизонты ее сложены микропегматитом, местами грубозернистым, нижние — оливиновыми габбро-диабазами. Наблюдается перемежаемость дифференциатов.

Дайки. В форме даек залегают интерсерральные и толентовые диабазы. Они секут все породы района, в том числе и рудные габбро-диабазы и сульфидные жилы. Мощность их редко превышает 10 м, обычно же составляет 1—2 м, иногда менее 1 м. По прости-

ранию прослеживаются на километры, строго сохраняя прямолинейное направление.

Интрузии, форма залегания которых не установлена. Сюда относятся некоторые недифференцированные и слабо дифференцированные интрузии.

Интрузия гор Гудчихи и Ергалеха. Выходы этой интрузии прослеживаются от горы Двугорбой (северная часть столовой возвышенности Норильск II) почти до южного широтного колена р. Ергалах.

В целом интрузия близка к пластовому телу меридионального простираания, но местами имеет секущие контакты; она слабо дифференцирована и содержит небольшое количество сульфидов. Западнее грабена руч. Медвежьего интрузия не установлена.

Далдыканская недифференцированная интрузия. Далдыканская интрузия прослеживается в равнинной части рудного поля и в предгорье плато от оз. Долгое до р. Далдыкан. Это самое крупное тело рудного поля, если более детальные исследования не покажут, что здесь не одно, а несколько интрузивных тел. Ориентирована она в широтном направлении по простираанию пород: восточная часть ее лежит в нижнем и среднем девоне, западная поднимается до нижнего карбона. Значительная мощность и то, что она замещает боковые породы, позволяют считать ее хонолитом.

Прочие интрузии рудного поля и Норильского района. Среди девонских отложений района месторождения Норильск II и в долине р. Норилки имеется еще несколько интрузий траппов различных размеров и элементов залегания. Это дискордантные тела, по форме залегания близкие к пластовым, сложенные среднезернистыми породами с оливином и без него. Одна интрузия, расположенная в северной части месторождения Норильск II, представляет собой крутопадающее тело, которое сечется рудными габбро-диабазамы. Скважинами пересечены интрузии, залегающие ниже девона, но вопрос о форме их залегания и размерах пока остается открытым. По-видимому, здесь преобладают пластовые залежи. С точки зрения морфологии недостаточно изучены и интрузии западной и центральной частей Норильского плато, но, несомненно, среди них есть и хонолиты. Имандинское рудное поле по петрографическому составу интрузивных траппов и форме их залегания ничем не отличается от Норильского. Рудоносные габбро-диабазы залегают в девонских отложениях.

ВОЗРАСТНЫЕ ВЗАИМООТНОШЕНИЯ И УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ИНТРУЗИИ

Если принять, что пластовые залежи петрографически однородных траппов Норильского района принадлежат к одной фазе магматизма, то возраст лабродоровых порфиров должен датироваться не ранее, чем третьим вулканическим циклом триаса. Од-

нако возможны и неоднократные внедрения магмы одинакового состава, как это наблюдается при эффузиях. В этом случае вопрос о возрасте петрографически однородных пород еще более сложен и не может быть решен полевыми методами. Это же можно сказать и о титан-авгитовых диабазах, встречающихся в туфусской и вулканогенной сериях. Главной интрузии этих пород, залегающей на границе карбона и перми, приписывается пермский возраст; для пермских лав тоже характерно присутствие титанистого авгита. В отношении долеритов Карру-Дю-Тойт (1957) пришел к выводу, что формирование силлов произошло снизу вверх. Повышение степени раскристаллизации в пластовых залежах траппов Норильского района к низу разреза подтверждает это предположение.

Таким образом, возраст пластовых залежей в Норильском рудном поле не может быть установлен достаточно точно. Что касается хонолитов, то об их относительном возрасте и нижней границе времени внедрения магмы имеются более определенные данные. Так, рудная интрузия Норильск I срезает титан-авгитовые порфиры и нижнюю залежь лабродоровых порфиров. Ее афизы, сложенные пироксеновым габбро-диоритом, достигают последнего горизонта лав первого триасового вулканического цикла; интрузия Норильск II поднимается выше туфитов, залегающих на пикритовых порфирах. Следовательно, внедрение рудоносных интрузий Норильского рудного поля происходило после излияния пикритовых лав и формирования силлов лабродоровых порфиров и титан-авгитовых диабазов, но не ранее третьего триасового вулканического цикла. Слабодифференцированные хонолиты центральной части Норильского плато, залегающие в верхних горизонтах вулканогенной серии, относятся к образованиям последних этапов вулканической деятельности в районе.

В пределах рудных полей Норильского района существует тесная пространственная связь между дифференцированными и недифференцированными интрузиями. Минералогический состав последних близок к соответствующим дифференциатам рудных хонолитов. Существуют и слабодифференцированные интрузии с небольшой минерализацией, представляющие собой переходную форму между двумя типами интрузивных траппов. Все это свидетельствует о том, что все полнокристаллические породы рудного поля имеют общий магматический очаг и близки между собой по времени образования. По характеру наблюдаемых контактов рудные интрузии почти всегда моложе недифференцированных габбро-диабазов; обратная картина наблюдается редко. Но секущие контакты наблюдаются и между дифференциатами одной интрузии и они, следовательно, не могут служить доказательством значительного разрыва во времени образования интрузивных траппов одного комплекса.

Самыми молодыми интрузивными породами района являются диабазовые дайки, секущие рудные интрузии и сульфидные жилы.

Условия образования интрузивных траппов. Пластовые залежи траппов в Норильском районе, как уже указывалось выше, занимают площади, измеряемые сотнями и тысячами квадратных километров при мощности интрузий до нескольких десятков метров. Они не замещают, а расклинивают боковые породы и, будучи приурочены к межформационным контактам, являются в одних случаях строго конкордантными телами, в других — ветвясь, переходя из одной полости в другую. Их механизм образования объяснен Ф. Ю. Левинсон-Лессингом и его сотрудниками (1932) и Ю. К. Дзевановским (1941). Принимая гипотезу «гидростатического обмена местами», следует, однако, отметить, что магма не была пассивной: расклинивание пород происходило не только под ее напором, но и при участии газов, как это можно предполагать в отношении титан-агитовых диабазов.

В связи с изложенным выше, интересным является вопрос об образовании камер хонолитов. Как известно, способы завоевания магмой пространства в земной коре до настоящего времени пред-

ставляют одну из наиболее сложных проблем в петрологии. Это прежде всего относится к батолитам и субвулканам типа Норильских интрузий, т. е. к телам, магма которых при внедрении не вызывает механических деформаций в окружающей ее среде. Формообразование, их секционное положение в неоднородной физической сре-

де, четкий срез вмещающих пород по контактам интрузий, наличие эруптивных брекчий в кровле, а местами и в почве некоторых интрузий, свидетельствуют об образовании камер при участии вулканических взрывов.

Гипотеза взрывной природы камер Норильских хонолитов встречает затруднения при объяснении пологого залегания интрузивных тел. Если даже учесть пострудные изменения структуры района (в частности, проседание антиклинальных складок за счет дизъюнктивных дислокаций), первоначальный угол полости не может быть более $12-15^\circ$, максимум — 20° . Это близко к наклону стенок некоторых трубок взрыва (трубки Аризоны, по описанию Хэка, имеют угол наклона стенок 25° , воронка Риса — $9-15^\circ$). Можно предполагать, что образование в сфере вулкана боковых интрузий в коренных породах вызвано глубиной взрывов, а пологое залегание интрузивных тел — наличием радиальных трещин, служивших в момент взрыва линиями наименьшего сопротивления. Наиболее крупная в Норильском районе дифференцированная интрузия Норильск I расширяется в направлении востока, что соответствует известным опытам Добре и вообще проявлению взрывной деятельности. Не случайным является совпадение длинной оси хонолитов с главными направлениями трещиноватости в районе (см. рис. 1 и 2). Вероятно, существуют аналоги в образовании хонолитов Норильского типа вулканов-сателлитов.

А. Г. Бетехтин (1953), говоря о гипотезе проф. Б. Л. Степанова об активной роли хлора галогенных пород палеозоя в образовании железорудных месторождений Сибирской платформы, считает, что щелочи соленосных отложений могли быть усвоены базальтовой магмой с освобождением хлора, который мог приобрести высокую упругость, достаточную для образования трубок взрыва. К этому можно добавить, что источником газов, кроме собственных самой базальтовой магмы, могли служить и битумы, распространенные в морском палеозое, а также воды, омывающие боковые породы. Если предположение А. Г. Бетехтина правильно, то приуроченность медно-никелевых месторождений Норильского района к верхним горизонтам морского палеозоя и перекрывающим их породам является не только эмпирически установленным фактом, но имеет и теоретическое объяснение.

Существуют, следовательно, общие черты в образовании кимберлитовых трубок, магматической и гидротермальной концентрации медно-никелевых сульфидов и гидротермальных месторождений железных руд Сибирской платформы. Имеется, вероятно, и общий контроль региональной тектоники и локализации этих полезных ископаемых. По П. Е. Оффману (1959), это будут нарушения, достигающие зоны магмы, ограничивающие Тунгусскую синеклизу.

МОРФОЛОГИЯ И СТРУКТУРА ИНТРУЗИИ НОРИЛЬСК I

Интрузия Норильск I представляет собой тело, вытянутое в северо-восточном направлении с отношением длины, ширины и мощности, равным $120:12:1$.

В северной и южной частях интрузия имеет меридиональное направление, а в средней части, составляющей почти половину ее длины, — северо-восточное (рис. 4). В верховьях руч. Угольного и

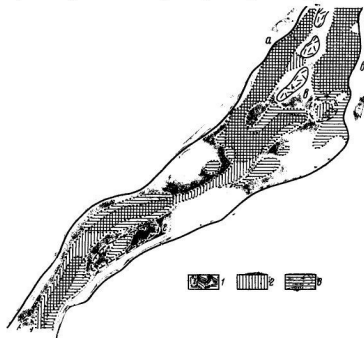


Рис. 4 План интрузии Норильск I и богатые руды в пикритовом и такситовом дифференциатах

а — западная ветвь интрузии, б — восточная ветвь интрузии, в — воронкообразная впадина в почве интрузии, г — бороздовая впадина
1 — «кокса» в интрузии (куленые жердочки интрузии), 2 — богатые руды в пикритовых габбро-диабаззах, 3 — богатые руды в такситовых габбро-диабаззах

по северному и восточному склону горы Рудной она выходит на поверхность и состоит из двух ветвей, разобщенных или же соединяющихся маломощными перемычками. Обе ветви образуют корытообразное тело с крутыми бортами и максимальными мощностями в местах перегиба от пологой части к крутому борту. Южнее обе ветви соединяются в одно тело, имеющее вид цилиндра, сплюсненного в вертикальном направлении. Максимальные мощности установлены: ближе к восточному борту, затем (южнее) в средней части поперечного сечения интрузии и у южной границы месторождения, ближе к западному борту.

Интрузивное тело пересекает ось Норильской синклинальной структуры и расположено на севере в восточном крыле складки, на юге — в западном. В юго-западном направлении оно погружается под углом 5—6°, несколько круче вмещающих пород западного крыла складки, имеющей здесь почти меридиональное простирание. В результате пересечения оси складки и разницы в угле падения с вмещающими породами на севере кровлей интрузивного тела служат нижние потоки толентовых диабазов, а почвой — лабрадоровые порфиристы и спилиты; на юге в кровле лежат двуполовшпатовые порфиристы, в почве — титан-авгитовые диабазы и верхние горизонты рудинской свиты тунгусской серии.

На фоне общего погружения интрузии в юго-западном направлении в ее почве выделяются две глубокие впадины (см. рис. 4): одна из них находится в южной части восточной ветви интрузии и имеет вид воронки диаметром 600—700 м и глубиной 150 м, вторая — в южной половине интрузии и представляет собой борозду шириной 600—700 м, длиной около 2000 м и глубиной до 150 м. Направление борозды совпадает с длинной стороной интрузии. У южной границы месторождения намечается третья впадина, по форме аналогичная второй. Кровля интрузии более ровная, спокойная.

Рудоносные интрузии Норильского района имеют резко выраженную псевдостратификацию и состоят из нескольких петрографически отличных друг от друга дифференциатов, распространяющихся по всей или почти по всей их площади, один над другим. В 1941—1944 гг. группа геологов во главе с В. К. Котульским (И. А. Коровяков, А. Е. Нелюбин, В. С. Домарев) расценили рудоносную интрузию Норильск I. Позже М. Н. Годлевским (1959) введено понятие «петрографические горизонты» дифференцированных интрузий района. Петрографические горизонты фиксируют общий для района план строения стратифицированных интрузивных тел и вместе с тем помогают выявлять особые, индивидуальные черты каждого из них.

Разрез интрузии Норильск I представлен следующими породами (сверху вниз): эруптивной брекчией, верхним такситовым габбро-диабазом, пироксеновым габбро-диоритом, оливиновым габбро-диабазом, пикритовым габбро-диабазом и такситовым габбро-диабазом.

Эруптивная брекчия состоит из угловатых обломков глинистых и графитизированных углистых сланцев, сциментированных диабаз-пегматитом. Источником осадочного материала служит неассимилированная часть туффитового горизонта, залегающего в основании двуполовшпатовых порфиритов, что хорошо прослеживается по поперечным геологическим разрезам месторождения, так как эруптивная брекчия остается примерно на уровне горизонтов туффитов. В северной части месторождения, где кровля интрузии поднимается выше толщи двуполовшпатовых порфиритов, эруптивной брекчии нет, но на том же горизонте в нижележащем

дифференциате встречаются ксенолиты графита и графитизированных сланцев, иногда значительных размеров.

Крупные ксенолиты имеют те же элементы залегания, что и вмещающие интрузию породы. Мощность эруптивной брекчии непостоянна: местами эта порода отсутствует, а иногда обломочный материал сгружен и тогда мощность ее достигает 18—20 м, в то время как мощность туффитов не превосходит 3—4 м.

Верхний такситовый габбро-диабаз представлен диабаз-пегматитами и грубозернистым габбро, породообразующими минералами которых являются прениitizedированный и пелитизированный основной плагиоклаз и амфиболитизированный и хлоритизированный пироксен (авгит, реже диопсид). Эти породы составляют 3,6% объема интрузии. Мощность их непостоянна: от нескольких метров до 15—20 м. Часто они имеют форму линз и жил. Будучи продуктом наиболее поздней фазы кристаллизации интрузии, верхние такситовые габбро-диабазы имеют секущие контакты с нижними дифференциатами. В средней части месторождения мощность грубозернистого габбро достигает 75 м, при этом габбро срезает или вытесняет пироксеновый габбро-диорит и оливиновый габбро-диабаз.

Пироксеновый габбро-диорит состоит из голубоватого прениitizedированного лабрадора и относительно свежего пироксена; в нижней части слоя спорадически встречается оливин. В некоторых работах эту породу по структурному признаку называют призматически обитовым габбро-диабазом. Среди основной среднезернистой массы встречаются грубозернистые, пегматоидные обособления и видные четко жилы. Приурочены они к верхней части дифференциата. Наблюдаются апофизы пироксенового габбро-диорита в нижележащих дифференциатах и в боковых породах; на северо-западном побережье Хантайского озера эти породы встречены в виде самостоятельных интрузий. Мощность их на месторождении Норильск I от 0 до 140 м. Переход к оливиновым габбро-диабазам постепенный.

Оливиновый габбро-диабаз является ядром интрузии. Мощность этой породы более постоянна в сравнении с описанными выше дифференциатами; отсутствует дифференциат только на одном участке месторождения, где он срезается грубозернистым габбро. Состоит оливиновый габбро-диабаз из основного плагиоклаза, пироксена и оливина; в нижней части слоя появляется биотит. Структура породы пойкилофитовая, реже обитовая. Контакт с пикритовыми габбро-диабазами резкий и достаточно четкий для визуального определения. Оливиновый габбро-диабаз — наиболее свежая порода в разрезе интрузии.

Пикритовый габбро-диабаз представляет собой темную, почти черную серпентинизированную породу с редкими крупными светлыми кристаллами плагиоклаза. Состоит из основного плагиоклаза, магнезального оливина (25—60%), пироксена (15—20%) и небольшого количества биотита. Характерным признаком пикри-

тогового габбро-диабаз является сегрегационная структура (Н. М. Годлевский, 1959¹), обусловленная большим количеством протовыделений оливина в идиоморфных зернах, расположенных пучками. Среди рудных минералов наблюдается хромит (до 1,5%).

Не менее типична также анизотропия этого дифференциата, вызываемая чередованием богатых оливином и существенно полевошпатовых слоев, представляющих собой первичные текстуры течения.

У южной границы разведанной площади месторождения максимальная мощность пикритового габбро-диабаз фиксируется у западного борта интрузии, где главная масса дифференциата вместе с интрузией наклонена к востоку; севернее высокие мощности смещаются в среднюю часть интрузии, где пикриты заполняют бороздообразную депрессию. Далее на север пикритовые габбро-диабазы прижаты к юго-восточному борту интрузии с наклоном на запад. Форма пикритового тела, таким образом, является винтообразной. В северной части месторождения пикритовые габбро-диабазы примерно параллельны нижнему контакту интрузии как в пологой ее части, так и у крутых бортов; максимальной мощности они достигают в воронкообразной впадине Раздуды пикритового габбро-диабаз, приуроченные к депрессиям ложа интрузии, сопровождаются увеличением мощности оливинового габбро-диабаз.

В юго-восточном борту интрузии пикритовый габбро-диабаз лежит на эруптивной брекчии, а в некоторых случаях на песчаных тунгусской серии. Такситового габбро-диабаз здесь нет.

Такситовый габбро-диабаз Самыми нижними слоями интрузии являются такситовый габбро-диабаз и его эндоконтактная зона — контактный габбро-диабаз. Первый характеризуется неравнозернистостью такситовым сложением и резко отличается от пикритов своим лейкократовым обликом. Длина зерен кристаллов плагиоклазов достигает 1,0—1,5 см. Зерна оливина очень мелкие, едва заметные невооруженным глазом. Средний минералогический состав такситового дифференциата: плагиоклаз (лабрадор и битовит) 55—65%, пироксена 15—20% и оливина 8—12%. В небольшом количестве присутствует биотит. Порода хлоритизирована и серпентинизирована, оливин замещен идиингситом.

У самой почвы интрузии, в 2—3 м от контакта, такситовый габбро-диабаз переходит в контактный, характеризующийся отсутствием оливина и наличием большого количества свежих игольчатых плагиоклазов.

Мощность такситовых и контактовых габбро-диабазов в северной части месторождения довольно постоянна — на юге от нуля до нескольких десятков метров, в воронкообразной впадине 2—4 м. Контакт с пикритовыми габбро-диабазами там, где это можно наблюдать по горным выработкам, тектонический. Апофизы такситов иногда заходят в пикриты. В других интрузиях Нориль-

ского рудного поля наблюдается переслаивание обоих дифференциатов.

Резюмируя изложенное выше, интрузию Норильск I кратко можно характеризовать как пологий, анизотропный субвулкан, сложенный в средней части оливиновыми и пикритовыми дифференциатами, занимающими две трети его объема, а у кровли и почвы — безоливиновыми или с небольшим количеством оливина породами, являющимися своеобразными лейкократовыми зальбандами оливинового ядра интрузии. Постепенные переходы от одного дифференциата к другому наблюдаются только в одном случае — между пироксеновыми габбро-диоритами и оливиновыми габбро-диабазами; в других случаях контакты резкие, иногда секущие.

То, что сульфидные медно-никелевые месторождения связаны с анизотропными интрузиями, указывает на тесную связь дифференциации силикатной магмы и первичной концентрации сульфидов, а также на связь псевдостратификации и локализации руд.

Причины возникновения псевдостратификации интрузий Норильского рудного поля до настоящего времени служат предметом дискуссии. Любая гипотеза по этому вопросу, если она претендует на общее признание, должна объяснить следующие особенности строения рудоносных хонолитов:

- 1) одинаковую последовательность в залегании дифференциатов при пологом и крутом залегании интрузии;
- 2) «висячее» положение тяжелой фракции магмы (оливиновых и пикритовых габбро-диабазов) в разрезе месторождений;
- 3) резкие и секущие контакты дифференциатов;
- 4) переслаивание нижних дифференциатов и текстуры течения в пикритовых габбро-диабазх;
- 5) отсутствие корреляционной зависимости между мощностью оливиновых и лейкократовых пород в интрузии;
- 6) пространственную связь между дифференцированными и недифференцированными интрузиями и наличие интрузий промежуточного типа.

Кристаллизационно-гравитационная теория дифференциации магмы Норильских интрузий *in situ*, выдвинутая в начале геологоразведочных работ на месторождении, и, следовательно, без учета структуры хонолитов не в состоянии объяснить ни один из выше приведенных фактов, твердо установленных полевыми наблюдениями. Поэтому она должна быть оставлена, что, однако, не исключает проявления гравитационных сил при кристаллизации некоторых дифференциатов: вероятно, этому явлению обязано накопление оливина в нижней части оливиновых габбро-диабазов. Отметим, что критика гравитационно-кристаллизационной теории происхождения гипербазитов, данная В. Н. Лодочниковым (1936), может быть целиком отнесена и к подобным предложениям в отношении субвулканов Норильского типа.

Полевые наблюдения не согласуются также с предположениями о больших масштабах ассимиляции. Так, минералогическо-петрографический состав нижнего дифференциата (такситового габбро-диабазы) не зависит от того, лежит ли интрузия на кварцпорфировых песчаниках, галогенных породах девона или на эффузивных траппах. Упомянулись случаи, когда пикритовый габбро-диабаз содержит в лежачем боку песчаники и никаихи гибридных пород не образует. Верхние базальтиновые дифференциаты, объем которых в два раза превосходит объем такситовых габбро-диабазов, не могли получиться за счет ассимиляции кровли интрузии, представленной траппами. Ксенолиты, встречаемые у кровли и почвы интрузии, имеют лишь тонкую корочку закала, что свидетельствует о том, что запас тепловой энергии магмы был недостаточен для расплавления боковых пород.

Основные (базальтиновые или с небольшим количеством оливина) и ультраосновные дифференциаты интрузий Норильского рудного поля, вероятнее всего, обособились в глубинном очаге магмы в доинтрузивную фазу. В пользу этого предположения свидетельствует дифференциация эффузивной фации траппов. Явления контаминации боковых пород, дифференциации при участии летучих и гравитация в камере интрузии имели локальный характер, появляясь в пределах того или другого дифференциата. Анизотропия субвулканов, следовательно, обусловлена последовательным внедрением основных и ультраосновных дифференциатов, при этом первые достигли камеры ранее вторых. Последнее объясняет единство плана строения интрузий.

ХИМИКО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВКРАПЛЕННЫХ РУД В НИЖНИХ ДИФФЕРЕНЦИАТАХ ИНТРУЗИИ

Методика определения минералогического состава руд. Для химико-минералогической характеристики сульфидной массы месторождения мы будем пользоваться пересчетами химических анализов на нормативный минералогический состав, при этом пирротин-пентландит-халькопиритовые руды пересчитываются на пирротин, пентландит и халькопирит, а халькопирит-миллерит-пиритовые — на халькопирит, миллерит и пирит. Кислородные соединения (магнетит, титано-магнетит, хромит) в настоящей работе не рассматриваются. Для подавляющей массы руд эти пересчеты показывают действительный минералогический состав сульфидной массы, так как роль других сульфидов на месторождении ничтожно мала. Исключение оставляют кубанитовые руды верхней части нижней рудной зоны, где количество этого минерала бывает значительным. Месторождение в целом может быть охарактеризовано отношением пирротина : халькопирита : пентландита = 5 : 3 : 2.

Подсчеты количества минералов под микроскопом дают менее точные результаты вследствие наличия субмикроскопических образований (пентландит).

Если условиться называть минерализованную массу горных пород с содержанием сульфидов выше 0,5% (такое количество их определяется визуально) рудной зоной, то на месторождении Норильск I имеются две такие зоны — верхняя и нижняя. В первую включаются эруптивная брекчия, верхние такситовые габбро-диабазы и отчасти (по платиноидам) верхняя часть пироксеновых диабазов, во вторую — пикритовый и такситовый габбро-диабазы и подстилающие породы.

Верхняя граница нижней зоны проходит в оливиновом габбро-диабазе, на расстоянии 1—2 м от почвы дифференциата, а иногда в верхних горизонтах пикритов. Выше визуально определяемой зоны минерализация оливиновых габбро-диабазов содержит от следов до 0,01—0,02% никеля и еще меньшие меди; содержание золота и платиноидов ниже чувствительности анализа. Этот наиболее мощный дифференциат интрузии, составляющий ее ядро, является наименее продуктивной породой. В направлении вверх от рудной зоны, в оливиновых габбро-диабазов прежде всего исчезают медь, палладий и золото, несколько позднее — платина, никель и родий.

Характеристика сульфидной массы оливинового и пикритового габбро-диабазы. Для оливинового габбро-диабазы характерна мелкая интерстиционная вкрапленность; отношение меди к никелю самое низкое в разрезе интрузии (0,1—1,2), кобальта к никелю — самое высокое (до 0,20). Количество платиноидов в сульфидной массе высокое; оно находится почти на уровне руд пикритовых габбро-диабазов при высоком отношении платины и родия к палладию (табл. 1). По некоторым анализам получается очень высокое расчетное содержание пентландита в сульфидной массе (до 40—45%); если допустить, что весь никель находится в сульфидной форме, то количество пентландита превысит предел растворимости его в пирротиновой массе.

В пикритовом габбро-диабазе различают три вкрапленности: 1) крупную, каплеобразную, с дифференциацией сульфидов на две фракции — верхнюю (халькопиритовую) и нижнюю (пирротиновую); 2) мелкую, интерстиционную, с зернами размерами до 1—2 мкм; 3) субмикроскопическую, различимую только при сильных увеличениях. Крупная вкрапленность доминирует в богатых сульфидами слоях дифференциата; субмикроскопическая и интерстиционная присутствуют в богатых и бедных слоях; последняя при богатом оруденении иногда переходит в сидеритовые руды.

Пикритовый габбро-диабаз имеет слоистое строение. Как уже ранее отмечалось, слои дифференциата отличаются один от другого по содержанию оливина и плагиоклаза, при более или менее постоянном количестве третьего породообразующего минерала —

Минералогический и химический состав сульфидной массы в нижних минерализации в одной

| Петрографический состав вещающих пород | Количество проб | Пирротин | Пенталандит | Халькопирит | MgO по вещающей породе | Fe | S |
|---|--------------------|----------|-------------|-------------|------------------------------|-----------------------|------|
| | | | | | | в сульфидной массе | |
| Оливиновый габбро-диабаз | 1 | 50,7 | 27,5 | 21,8 | 15,8 | 40,7 | 34,5 |
| Пикритовый габбро-диабаз | 4 | 46,0 | 25,3 | 28,7 | 18,1 | 47,7 | 35,6 |
| | 3 | 44,4 | 25,8 | 29,9 | 16,3 | 56,1 | 35,0 |
| | 3 | 41,6 | 24,1 | 34,3 | 13,4 | 45,4 | 34,8 |
| | 3 | 42,0 | 25,4 | 32,4 | 15,2 | 44,6 | 35,8 |
| | 2 | 45,3 | 26,4 | 27,8 | 21,9 | 45,8 | 35,9 |
| | 3 | 51,8 | 23,0 | 25,2 | 16,7 | 48,2 | 35,3 |
| Среднее . . . | 19 | 45,2 | 25,0 | 29,8 | 16,9 | 46,7 | 35,4 |
| Такситовый габбро-диабаз | 9 | 48,9 | 20,4 | 30,7 | 10,3 | 47,9 | 34,8 |
| | 1 | 55,9 | 14,9 | 29,2 | 10,1 | 47,8 | 35,9 |
| | 3 | 50,3 | 19,9 | 29,8 | 9,7 | 47,7 | 35,5 |
| | 6 | 53,0 | 16,9 | 30,1 | 11,6 | 47,8 | 36,2 |
| | 2 | 57,1 | 14,5 | 28,4 | 10,5 | 50,3 | 35,8 |
| | 1 | 55,5 | 19,7 | 24,8 | 7,5 | 49,0 | 36,0 |
| | 2 | 56,9 | 15,9 | 27,2 | 7,1 | 49,6 | 35,8 |
| Среднее . . . | 24 | 51,6 | 18,6 | 29,8 | 10,1 | 48,3 | 35,5 |
| Среднее по интрузии . . . | 43 | 48,6 | 21,6 | 29,8 | 12,4 | 47,4 | 35,5 |
| Лабрадоритовый порфирит . . . | 1 | 56,2 | 15,7 | 28,1 | 5,7 | 49,3 | 35,5 |

Таблица 1

дифференциатах интрузии Норильск I по слоям с различной степенью из скважины (в вес. %)

| Fe : Ni | Co : Ni | Cu : Ni | Pd : Pt | Rh : Pt | Au : Pt | Примечание |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---|
| 5,32 | 0,180 | 1,00 | 2,57 | 0,084 | — | Железо в сульфидной массе определено по разности. Кобальт учтен в пенталандите. Условные единицы по металлам те же, что и в тексте и в последующих таблицах |
| 5,22 | 0,084 | 1,09 | 2,21 | 0,076 | 0,025 | |
| 5,72 | 0,049 | 1,28 | 2,66 | 0,136 | 0,076 | |
| 5,98 | 0,046 | 1,57 | 2,51 | 0,065 | 0,126 | |
| 5,52 | 0,031 | 1,38 | 2,65 | 0,083 | 0,172 | |
| 5,53 | 0,043 | 1,16 | 2,77 | 0,088 | 0,154 | |
| 6,43 | 0,039 | 1,16 | 3,00 | 0,092 | 0,122 | |
| 5,70 | 0,051 | 1,26 | 2,56 | 0,092 | 1,122 | |
| 7,38 | 0,040 | 1,66 | 3,57 | 1,118 | 1,156 | |
| 10,40 | 0,061 | 2,20 | 3,92 | 0,200 | 0,097 | |
| 7,36 | 0,038 | 1,64 | 3,01 | 0,108 | 0,298 | |
| 9,03 | 0,053 | 1,97 | 3,65 | 0,169 | 0,146 | |
| 11,41 | 0,077 | 2,23 | 2,82 | 1,162 | 0,078 | |
| 8,05 | 0,034 | 1,38 | 3,08 | 0,137 | 0,110 | |
| 10,00 | 0,050 | 1,88 | 3,28 | 0,116 | 0,205 | |
| 8,46 | 0,047 | 1,88 | 3,25 | 0,117 | 0,156 | |
| 6,75 | 0,049 | 1,48 | 2,88 | 0,101 | 0,126 | |
| 9,78 | 0,040 | 1,94 | 3,42 | 0,116 | 0,133 | |

Содержание MgO и отношение Cu: Ni в разрезе интрузии Норильск I (сверху вниз)

| | | Пикритовый габбро-диабаз | | | | | | | | | |
|---------------|-------|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| MgO, % . . . | 17,86 | 15,91 | 13,94 | 12,43 | 13,39 | 17,74 | 18,44 | 14,39 | 11,53 | | |
| Отношение | | | | | | | | | | | |
| Си к Ni . . . | 1,16 | 1,27 | 1,44 | 1,52 | 1,45 | 1,28 | 1,13 | 1,28 | 1,52 | | |
| | | Такситовый габбро-диабаз | | | | | | | | | |
| MgO, % . . . | 10,5 | 10,00 | 9,34 | 8,96 | 8,90 | 9,18 | 8,66 | 7,74 | 7,48 | 7,04 | 6,22 |
| Отношение | | | | | | | | | | | |
| Си к Ni . . . | 1,6 | 1,66 | 1,70 | 1,79 | 1,78 | 1,84 | 1,78 | 1,75 | 2,08 | 1,91 | 1,74 |

пироксена. Существует тесная связь между петрографическим составом дифференциата, степенью минерализации и составом сульфидной массы.

На участке, расположенном в западной ветви интрузии, пикритовый габбро-диабаз состоит из шести слоев течения, отличающихся друг от друга содержанием MgO. Благодаря тому, что количество пироксена в породе меняется мало, MgO отражает содержание оливина, или, другими словами, соотношение этого минерала и плагноклаза. Как видно из данных табл. 1, наиболее богаты оливином слои верхний и второй снизу, между которыми и ниже, у почвы дифференциата, располагаются существенные полевошпатовые слои течения, к которым приурочена интенсивная минерализация породы. В средней и южной частях месторождения количество слоев течения возрастает, при этом слои рядовой и богатой минерализации чередуются с убогими рудами. Среднее из 36 анализов показывает следующий нормативный минералогический состав сульфидной массы пикритовых габбро-диабазов (без убогих руд): пирротин = 41,5%, пентландит = 26,1% и халькопирит = 32,4%. Отношение Pd: Pt: Rh: Au = 2,6: 1,0: 0,09: : 0,086. Одной из характернейших особенностей руд в пикритовых габбро-диабазх является высокое содержание платиноидов, по которым они уступают место только некоторым гидротермальным жилам. В составе металлов этой группы доля платины и родия выше, чем в других типах руд. Очень высоко отношение кобальта к никелю. В рудах в больших количествах присутствует уранил.

В разрезе пикритовых габбро-диабазов сверху вниз увеличивается количество пирротина за счет пентландита и халькопирита, возрастают отношения Cu: Ni и Pd: Pt и уменьшается Co: Ni. Возрастает роль железа в сульфидной массе.

С увеличением количества сульфидов в породе (см. табл. 1) возрастает содержание в руде халькопирита, а вместе с тем и отношение Cu: Ni. В пикритовых габбро-диабазх, как уже отмечалось, богатые руды приурочены к существенно полевошпатовым слоям. Поэтому существует зависимость между величиной отношения меди к никелю и петрографическим составом породы.

Эта зависимость наглядно изображена Ю. В. Мурахановым на диаграмме, которую мы здесь приводим в цифровом выражении, без геометрической интерпретации (табл. 2).

Пикритовые габбро-диабазы с повышенной минерализацией прослеживаются от южной до северной границ месторождения. В южной и средней частях интрузии в плане они имеют вид неширокой струи, прослеживаемой близ середины интрузии (см. рис. 4). На севере эта струя расширяется и распространяется почти по всей площади дифференциата. В разрезе высокая минерализация приурочена к нижней половине пикритов, но максимум оруденения всегда находится на некотором расстоянии от их почвы. Часто наблюдается два таких максимума, а местами несколько слоев богатых руд чередуются с рядовыми и убогими рудами.

Нормативный минералогический состав богатых руд в пикритовых габбро-диабазх интрузии Норильск I по 21 анализу следующий: пирротина 43,5%, пентландита 23,8%, халькопирита 32,5%, серы 36,2%. Отношение Co: Ni = 0,043; Cu: Ni = 1,50; Pd: Pt = 2,80; Rh: Pt = 0,082 и Au: Pt = 0,080. Характерными чертами химического состава сульфидной массы богатых руд в пикритовом габбро-диабазе служат: а) повышенное содержание платиноидов и золота при отношении Pd: Pt и Rh ниже средней нормы месторождения; б) повышенное содержание кобальта и в) отношение Cu: Ni близкое к среднему по месторождению. Содержание железа несколько выше рядовых и убогих руд дифференциата.

Сульфидная масса убогих руд в пикритовом и оливиновом габбро-диабазе. Как уже отмечалось выше, дифференциация магмы изверженных пород Норильского района происходила в абиссальных условиях, где обособилась ее гипербазитовая фракция в виде эффузивных пикритовых диабазов и порфиров, недифференцированных безрудных и дифференцированных пикритовых габбро-диабазов. Эти породы содержат во много раз больше никеля в сравнении с основными траппами; несколько выше и содержание меди. Естественно, поэтому возникает вопрос, не является ли гипербазитовая магма первоисточником промышленных сульфидных медно-никелевых месторождений, независимо от существующих представлений о способе мобилизации сульфидов (ликвидация расплава, сульфуризация еще не застывшей магмы, накопление сульфидов в продуктах остаточной кристаллизации и т. д.). Это один из тех основных вопросов, которые, по выражению В. К. Котульского, всегда оставались в тени при рас-

смотрении генезиса магматических месторождений. Некоторый свет здесь может пролить сравнение эффузивных пикритов и убогих руд в пикритовом габбро-диабазе.

К убогим рудам мы условно относим горную массу с содержанием никеля до 0,20%, т. е. в тех же количествах, которые находятся в излившихся пикритовых порфиритах. Обычно эти руды лежат в верхней части дифференциата, но встречаются в средней и нижней его части, перемежаясь со слоями, более богатыми сульфидами.

Для убогих руд в пикритовых габбро-диабазе характерна мелкая интерстиционная вкрапленность, аналогичная вкрапленности в оливиновых габбро-диабазе. Размеры вкрапленников измеряются долями миллиметра, иногда до 2—3 м, редко встречаются более крупные. Нормативный минералогический состав по данным 23 анализов следующий: пирротина 35,6%, пентландита 39,8%, халькопирита 24,6%, серы 35,9%.

Отношение $Pd : Pt : Rh : Au = 2,14 : 1,00 : 0,085 : 0,140$. Отношения меди к никелю и кобальта к никелю близки к рудам оливиновых габбро-диабазов.

Таблица 3

Содержание меди и никеля в эффузивных пикритах (в вес. %)

| Порода | Количество анализов | Ni | Cu | Отношение Cu к Ni |
|--|---------------------|-------|-------|-------------------|
| Эффузивные пикриты по И. А. Коровякову | 28 | 0,100 | 0,024 | 0,24 |

В табл. 3 приведены средние содержания цветных металлов в эффузивных пикритовых порфиритах. Установлено, что убогие руды в пикритовых габбро-диабазе занимают промежуточное место между излившейся гипербазитовой магмой и интрузивными рудными пикритами. Этим подтверждается тесное генетическое родство между эффузивной и интрузивной фациями пород. Часть цветных металлов в пикритовых порфиритах находится в сульфидной форме (Коровяков, 1958); характерен и аутометаморфизм этой породы, выражающийся в индиингситизации оливины.

Присутствие никеля в пикритовых порфиритах и генетическое родство эффузивных и интрузивных пород района (Коровяков, 1948) дают основание считать, что первостаночником сульфидных медно-никелево-платиновых месторождений Сибирской платформы является гипербазитовая магма, а Норильское рудное поле — частью медно-никелево-платиновой металлогенической провинции, генетически связанной с гипербазитами. Можно предполагать также, что убогие руды, приуроченные к определенным слоям те-

чения пикритовых габбро-диабазов, представляют собой «сингенетические руды» по Н. А. Елисееву и Э. Н. Елисееву; промышленное оруденение является уже эпигенетическим, наложенным на первичную сульфидную вкрапленность.

Сульфидная масса в такситовом габбро-диабазе. Для такситового габбро-диабазы характерна крупная лещикообразная и лапчатая ксеноморфная вкрапленность, иногда с дифференциацией сульфидной массы. Местами сульфиды имеют вид прожилков и линзочек; в участках богатой минерализации встречаются сидеронитовые руды.

В сравнении с пикритовым габбро-диабазом сульфидная масса такситового дифференциата обогащается пирротинотом за счет пентландита; количество халькопирита остается таким же или несколько снижается, возрастают отношения $Pd : Pt$ и $Cu : Ni$, содержание суммы платиноидов в сульфидной массе снижается в 1,4—1,7 раз, кобальта в 1,3 раза, золота в 1,2 раза; значительно возрастает роль железа. Ближе всего по составу сульфидной массы к рудам пикритового габбро-диабазы находятся верхние интервалы такситового слоя. Здесь также в значительном количестве присутствует кубанит.

Средний нормативный минералогический состав сульфидной массы такситовых габбро-диабазов (по 55 анализам) следующий: пирротина 47,5%, пентландита 21,0% и халькопирита 31,5%.

Отношение $Cu : Ni = 1,58$; $Co : Ni = 0,046$ и $Pd : Pt : Rh : Au = 3,09 : 1,00 : 0,115 : 0,114$. Характерной чертой химического состава сульфидной массы такситового габбро-диабазы является снижение содержания никеля и платиноидов (особенно платины и родия) в направлении сверху вниз при возрастающей роли железа. В такситовом габбро-диабазе наблюдается пространственное обособление пирротиновой и халькопиритовой фракций сульфидов. Как уже указывалось, в пикритовом габбро-диабазе дифференциация сульфидов происходит в пределах крупных капелек, которые по соотношению главных рудных минералов мало отличаются друг от друга. В такситовом габбро-диабазе целые интервалы рудной зоны по разрезу и в направлении течения магмы отличаются соотношением $Cu : Ni$. Это можно наблюдать визуально в горных выработках; о том же можно судить и по колебанию минералогического состава проб — пирротина 30—70%; халькопирита 18—40%.

Дифференциация сульфидов усиливается сверху вниз и с увеличением степени минерализации породы. В пирротиновых рудах содержание никеля, платиноидов и золота ниже средней нормы дифференциата, в халькопиритовых оно повышается до уровня пикритовых руд; встречаются «ураганские» пробы платиноидов и золота.

Рудные тела в такситовом габбро-диабазе с относительно богатой минерализацией имеют ту же форму, что и в пикритовом (см. рис. 4). Существует также тесная пространственная связь

между этими рудами: в горизонтальной проекции богатые вкрапления руд обоих дифференциатов совмещаются, но площадь их в такситовых габбро-диабазов несколько шире; по разрезу они чаще всего бывают приурочены к верхней части дифференциата, образуя одно тело с рудами пикритовых габбро-диабазов, с небольшим прослоем бедной минерализации у почвы последних. В виде линзообразных тел они встречаются в средней и нижней частях дифференциата. Здесь они часто находятся совместно с жильными рудами. В одной из скважин имеются три максимума оруденения. Два нижних приурочены к слоям, бедным оливином. Средний нормативный минералогический состав богатых руд в такситовом габбро-диабазе (по данным 38 анализов) следующий: пирротина 48,8%, пентландита 19,7%, халькопирита 31,5%, серы 36,2%.

Отношение $\text{Cu} : \text{Ni} = 1,74$; $\text{Co} : \text{Ni} = 0,043$; $\text{Pd} : \text{Pt} : \text{Rh} : \text{Au} = 3,18 : 1,00 : 0,11 : 0,13$. Богатые руды в такситовом габбро-диабазе отличаются более высоким содержанием пирротина по сравнению с рудами пикритов. По своему химико-минералогическому составу они близки к рядовым такситовым рудам.

Убогие руды в такситовом габбро-диабазе встречаются или у нижнего контакта интрузии, в контактном габбро-диабазе, или в участках, где рудная зона интрузии имеет пониженную минерализацию. В первом случае количество сульфидов более или менее постепенно снижается в направлении к поверхности контакта; во втором проявляется та же закономерность, что и в богатых рудах, выражающаяся в тесной пространственной связи сходных по степени минерализации участков пикритового и такситового габбро-диабазов. Нормативный минералогический состав убогих руд такситовых габбро-диабазов (по данным 15 анализов) следующий: пирротина 43,1%, пентландита 26,2%, халькопирита 30,7%, серы 35,5%. Отношение $\text{Co} : \text{Ni} = 0,048$; $\text{Cu} : \text{Ni} = 1,28$ и $\text{Pd} : \text{Pt} : \text{Rh} : \text{Au} = 2,59 : 1,00 : 0,054 : 0,184$. По нормативному минералогическому составу они приближаются к рядовым рудам пикритовых габбро-диабазов.

Главная масса убогих руд в такситовых габбро-диабазов сосредоточена в средней и южной частях месторождения.

Форма вкрапленников и морфология рудных тел с различной степенью минерализации, подчиненных слоям течения магмы, свидетельствуют о том, что подавляющая масса сульфидов в такситовом габбро-диабазе относится к эпигенетической минерализации. К первичным рудам может быть отнесена только часть убогого оруденения. Эпигенетическое происхождение главной массы вкрапленных руд в такситовом габбро-диабазе подтверждают и изменения в степени минерализации дифференциата и составе сульфидной массы в направлении по восстанию интрузии (повышение роли пирротина, снижение содержания платиноидов в сульфидной массе и т. д.) и проявление бифуркации рудного флюида на пирротиновую и халькопиритовую фракции.

Наиболее богата пирротином восточная ветвь интрузии.

Некоторые выводы о составе вкрапленных руд нижних дифференциатов интрузии. Заканчивая характеристику вкрапленного оруденения нижних дифференциатов интрузии Норильск I, отметим следующие его характерные черты.

1. Концентрация сульфидов в нижних дифференциатах интрузии нарастает с юга на север, в направлении движения магмы и рудного флюида, главным образом за счет увеличения объема богатых руд и выклинивания слоев течения магмы с бедной минерализацией. Изменение химико-минералогического состава сульфидной массы в этом направлении вполне аналогично изменению, наблюдаемому в разрезе рудной зоны в направлении сверху вниз, но происходит значительно медленнее. По составу сульфидной массы можно судить о глубине эрозионного среза интрузий сходных с норильской.

2. Наиболее высокая степень минерализации в пикритовых и такситовых габбро-диабазов приурочивается к существенно полевошпатовым слоям течения магмы. Тесной связи между накоплением протовыделений силикатной магмы и сульфидами не существует.

По сравнению с пикритовыми такситовыми габбро-диабазов обладает более высокой рудной минерализацией. Убогие руды занимают в нем небольшой процент. Средняя концентрация сульфидов выравнивается в обоих породах только в северной части месторождения, где убогие руды практически исчезают.

Приуроченность сульфидов не к самым основным, а существенно полевошпатовым слоям рудоносных интрузий является характерной чертой многих медно-никелевых месторождений. Так, на месторождениях Норильск II и на Черногорском промышленных руды почти полностью находятся в такситовых габбро-диабазов или в зоне переслаивания последних с пикритами; с полевошпатовыми слоями связано оруденение в массиве Нитис-Кумужья (Козлов, 1956); в норитовом лополите Седбери руды находятся или в кварцевых диоритах, или возле этих пород.

3. В интрузии присутствуют сингенетические и эпигенетические руды. К первым относятся убогие руды пикритовых и, по-видимому, оливиновых и такситовых габбро-диабазов, ко вторым — более крупная наложенная на первичное оруденение вкрапленность, составляющая главную массу сульфидов рудной зоны месторождения.

4. Состав сульфидной массы эпигенетических руд меняется в направлении от центральной части интрузии к ее почве (сверху вниз). Различия в степени минерализации и в соотношениях рудных минералов между смежными слоями течения не затухивают закономерностей этих изменений, к числу которых относятся возрастающая роль железа в сульфидной массе и снижение содержания платиноидов и золота (особенно платины и родия), замет-

ное снижение содержания никеля и кобальта при более или менее постоянном количестве меди.

5. Резкой разницы в химическом составе сульфидной массы при переходе от одного дифференциата к другому не существует, но постепенно меняющиеся в одну сторону количественные соотношения элементов приводят к существенной разнице между вкрапленными рудами пикритовых и такситовых габбро-диабазов. Различие это было показано выше.

6. Корреляционная связь никель—платина (а также сумма платиноидов) является более тесной, чем медь—платина (сумма платиноидов).

ХИМИКО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВКРАПЛЕННЫХ И МЕТАСОМАТИЧЕСКИХ РУД В ПОДСТИЛАЮЩИХ ИНТРУЗИЮ ПОРОДАХ

На Норильском месторождении минерализация в экзоконтактной зоне контролируется главным образом составом вмещающих пород, их восприимчивостью к сульфидным инъециям. По этому признаку выделяются три типа оруденения: руды в лабродоровом порфирите и титан-авгитовом диабазе, руды в эффузивных траппах и руды в осадочных породах (рис. 5).

Характеристика оруденения в лабродоровых порфиритах. Лабродоровый порфирит и титан-авгитовый диабаз представляют собой плотные тонкозернистые породы с общей трещиноватостью с габбро-диабазам. Здесь можно различать: а) оруденение, приуроченное к контакту с габбро-диабазой; б) фальбандовое оруденение, связанное с пологими пирротинными жилами; в) халькопиритово-миллеритовое оруденение интрузивно-метасоматического типа.

Контактное оруденение встречается не глубже чем на первом или втором метре от почвы габбро-диабазов и по форме концентрации сульфидов представляет собой вкрапленники, мелкие гнезда и прожилки, тяготеющие к контакту интрузии. ореол минерализации не сплошной: в лабродоровом порфирите руда встречается в одной из двух, а в титан-авгитовом диабазе — в одной из четырех скважин или горных выработок. Эти породы легче всего габбро-диабазов являются наименее подходящими для мелких и тонких инъеций сульфидов.

Лабродоровые порфириты подстилают интрузию в северной, а титан-авгитовые диабазы — в средней и южной частях месторождения. Общее количество сульфидов в этих породах очень мало в сравнении с масштабом месторождения.

Фальбандовое оруденение пологих сульфидных жил представлено тонкими, иногда довольно густыми прожилками с промышленной минерализацией на протяжении 2—3 м от сплошных сульфидов. Часто такие прожилки продолжают после выклинивания

жилы, где концентрируется главным образом халькопиритовая фракция сульфидов. В ксенолитах и породах с директивной текстурой встречаются полосчатые (бурундучные) руды.

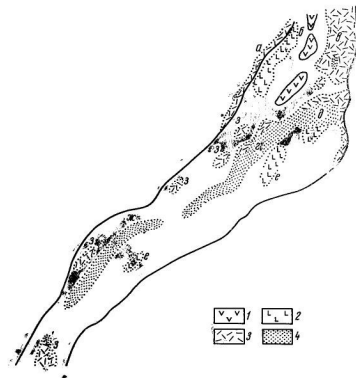


Рис 5 Важнейшие участки экзоконтактных руд месторождения Норильск I

Участки а — халькопирит миллеритовое оруденение западного борта интрузии б — халькопирит миллерит пиритовое оруденение в лабродоровом порфирите; в — халькопирит миллеритовое оруденение в спилитах восточной ветви интрузии, г — оруденение в осадочных породах в средней части месторождения, д — оруденение в осадочных породах и спилитах в воронкообразной впадине, е — прожилковое оруденение в титан-авгитовых диабазе, ж — оруденение в осадочных породах в южной части месторождения, з — халькопиритово миллеритовые руды в эффузивных траппах в средней и южной частях месторождения
1 — нулевые мощности интрузии; 2 — лабродоровые порфириты и титан-авгитовые диабазы; 3 — эффузивные траппы; 4 — осадочные породы

По старым данным (38 анализов) и нескольким новым определениям, средний нормативный минералогический состав контактных и фальбандовых руд в лабродоровом порфирите и титан-авгитовом диабазе показывает следующие соотношения главных минералов: пирротина 53,4%, пентландита 16,3%, халькопирита 30,3%, серы 36,0%. Отношение $Co : Ni = 0,047$; $Cu : Ni =$

= 1,98 и Pd:Pt:Rh:Au = 2,90:1,00:1,106:0,154. По сравнению с рудами такситовых габбро-диабазов здесь, в сульфидной массе, еще более повышается роль железа и пирротина за счет сульфидов никеля. Несколько снижается содержание меди, платиноидов, золота и кобальта; отношение Cu к Ni возрастает. Другими словами, изменение состава сульфидной массы при переходе в зону экзоконтакта идет в том же направлении, в каком оно происходило во вкрапленных рудах в габбро-диабаз — от центральной части интрузии к ее лежащему боку.

В восточной части месторождения, где в лабродоровом порфирите преобладают руды, связанные с пологими пирротиновыми жилами, в сульфидной массе содержится пирротина 42,9%, пентландита 21,4%, халькопирита 35,7%. Обогащение никелем и медью здесь происходит вследствие концентрации халькопиритовой

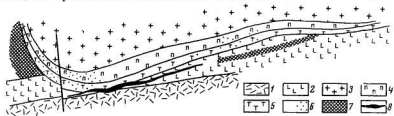


Рис. 6 Контактные руды западной ветви интрузии Норильск I
1 — эффузивные траппы, 2 — лабродоровый порфирит, 3 — оливинитовый габбро-диабаз, 4 — пирротитовый габбро-диабаз, 5 — такситовый габбро-диабаз, 6 — рудная зона интрузии, 7 — халькопиритово-миллеритовые руды, 8 — сульфидная жила

фракции рудного флюида в фальбандах жил. Сульфидная масса титан-авгитовых диабазов в средней части месторождения состоит из 54,4% пирротина, 15,4% пентландита и 30,2% халькопирита. Отношение Cu: Ni = 2,33; Co: Ni = 0,059; Pd: Pt = 2,33. Повышенные количества Pt, Au и Co в этой части месторождения встречаются и в пробах такситовых габбро-диабазов.

В западной ветви габбро-диабазовой интрузии в лабродоровом порфирите встречено халькопирит-миллерит-пиритовое оруденение, по составу сульфидной массы сходное с некоторыми рудами спилитов и осадочных пород (рис. 6). В участке развития этих руд габбро-диабазы имеют в поперечном сечении корытообразную форму с крутым западным и пологим восточным крыльями. В западном борту ее лежащим боком служат лабродоровые порфириты, двуполевошпатовые порфириты и толентовые диабазы, в восточном — лабродоровые порфириты; во впадине почвы «окном» выступают спилиты. К впадине приурочена крупная пологая пирротиновая жила («северное жильное поле») и довольно богатая вкрапленность в габбро-диабазе.

Во впадине сульфидная жила лежит в такситовом габбро-диабазе или на контакте габбро-диабазы с лабродоровым порфиритом, а за ее пределами уходит в подстилающие породы, пересе-

кая под острым углом поверхность почвы интрузии. Халькопиритово-миллеритовые руды начинаются у контура выклинивания жилы и имеют общие с ней элементы залегания. В средней части рудного тела они лежат уже на 12—15 м ниже почвы габбро-диабазов, поэтому на руднике они известны под именем «второго пласта». У восточной границы «второй пласта» поднимается под более крутым углом и обрывается у поверхности контакта с габбро-диабазом, как бы срезаясь последним (см. рис. 6). В плане тело халькопирит-миллеритовых руд имеет вид полосы, облегающей с востока и северо-востока впадину рудоносной интрузии с жильными и богатыми вкрапленными рудами. Площадь рудного тела примерно в два раза меньше площади жилы, мощность — больше средней мощности жилы.

Рудные лабродоровые порфириты описываемого участка (по М. Н. Годлевскому, любезно предоставившему автору свое описание руд и пород) представляют собой сравнительно хорошо раскристаллизованную породу порфировой структуры с микроклеритовой основой. Фенокристы плагиоклаза достигают 1,5 мм длины; пироксен эдвойникован, в интерстициях — хлорит. Сульфиды имеют вид прожилков, небольших вкрапленников и очень тонкой вкрапленности. Последняя представляет основную рудную массу. Халькопирит-миллеритовая руда замещается пиритом, поэтому в целом по своему составу руда является халькопирит-миллерит-пиритовой. Отношение меди к никелю очень высокое (2,9—3,3) за счет значительного снижения никеля против средней нормы месторождения.

Вкрапленные руды в эффузивных траппах. В эффузивных траппах имеются пирротин-халькопирит-пентландитовые и халькопирит-миллерит-пиритовые руды. Наиболее значительная по объему залежь их находится в восточной ветви северной части месторождения. Они были открыты и впервые описаны В. С. Домаревым и получили название «богатых контактных» или «богатых медистых» руд. Всплывшие годы эти руды были установлены и в других частях месторождения (см. рис. 5).

В лежащем боку габбро-диабазов на участке «контактных» руд в спилитах восточной ветви месторождения залегают (сверху вниз): а) лабродоровый порфирит, б) спилиты, в) песчаники тунгусской серии (рис. 7). В спилитах имеются две зоны: зона биотитизированных пород, расположенная ближе к контакту габбро-диабазов, а ниже — зона хлоритизированных спилитов.

Интрузия габбро-диабазов в пределах описываемого участка близка к пластовому телу и имеет общее с вмещающими породами меридиональное простирание и пологое падение к западу (10—12°), но на фоне довольно спокойной поверхности нижнего контакта в ее почве наблюдаются овальные впадины длиной до 200—300 м, шириной до 100—200 м и глубиной до 30—35 м, где габбро-диабазы выпихивают лабродоровые порфириты и спилиты до осадочных пород тунгусской серии (см. рис. 7). Так же, как и в за-

падной ветви, к ним приурочены пологие пирротиновые жилы, которые за пределами впадины переходят из рудоносной интрузии в лабродоровые порфиры и биотитизированные спилиты. Содержание сульфидов в габбро-диабазовых повышенное.

Во впадинах «контактное» оруденение начинается с появлением в почве габбро-диабазов спилитов. Линейные запасы руды и металлов по мере удаления от центра впадины сначала растут вместе с мощностью спилитов, а затем постепенно падают в результате снижения степени минерализации и мощности рудного тела. Между близко расположенными впадинами интенсивность оруденения более или менее постоянна. С удалением от впадины увеличивается мощность лабродоровых порфиров, изолирующих «контактные» руды от вмещающих габбро-диабазов. В направлении от впадины к периферии контактного оруденения и

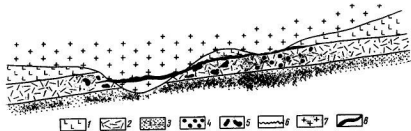


Рис. 7. Поперечный геологический разрез в участке «контактных» руд в восточной ветви месторождения Норильск I

1 — лабродоровый порфирит; 2 — спилиты; 3 — песчанники; 4 — «контактная руда» в спилитах; 5 — богатое оруденение в спилитах; 6 — граница контактного оруденения; 7 — габбро-диабазы; 8 — сульфидная жила

сверху вниз, от габбро-диабазов к почве спилитов, минералогический состав сульфидной массы руд меняется: зоне биотитизированных пород соответствует пирротин-халькопирит-пентландитовая минеральная ассоциация, а зоне хлоритизации — халькопирит-миллерит-пиритовая. Количество пирита возрастает к контуру рудного тела.

Крупные вкрапленники размером до 1,0—1,5 см имеют округлую каплеобразную форму и часто соединяются тонкими прожилками — проводниками; для более мелких характерны угловатые очертания. Встречается мелкая опесненная вкрапленность, густо насыщающая породу. В халькопирит-пирротиновых рудах наблюдаются расслоенные вкрапленники, аналогичные сульфидным каплям в пикритовом габбро-диабазе. Расслоенные вкрапленники, следовательно, не могут служить доказательствами ликвации сульфидов.

Открытыми работами «контактные» руды вскрыты и в западной ветви месторождения (см. рис 6). Здесь оруденение приурочено к крутому западному борту габбро-диабазов и распростра-

няется в толентовых диабазах и двуполовошпатовых порфиритах. Оно имеет вид ореола, без перерыва облегающего поверхность контакта габбро-диабазов. Интенсивность оруденения убывает от контакта к границе рудной зоны, но распространение сульфидов неравномерное.

Оруденение в эффузивных траппах в западном борту месторождения встречается и в средней и южных частях контактной зоны габбро-диабазов, но здесь оно не является непрерывным. Спилиты, выступающие в почве габбро-диабазов на склонах воронкообразной впадины интрузии, также имеют экзоконтактное оруденение. Южнее этой впадины большинство скважин, пересекающих контакт габбро-диабазов со спилитами, вскрывают «контактные» руды. Таким образом, описываемый тип оруденения имеет повсеместное распространение на месторождении; с восточной ветвью интрузии связано лишь наиболее крупное скопление этих руд. Форма и состав вкрапленников, а также характер метаморфизации вмещающих пород на всех участках контактных руд одинаковы.

Среднее из нескольких анализов пирротин-пентландит-халькопиритовых руд в эффузивных траппах показывает следующий состав рудных минералов: пирротина 28,9%, пентландита 20,7%, халькопирита 50,4%, серы 35,51%. Отношение $\text{Co} : \text{Ni} = 0,030$; $\text{Cu} : \text{Ni} = 2,60$ и $\text{Pd} : \text{Pt} : \text{Rh} : \text{Au} = 8,4 : 1,00 : 0,10 : 0,45$.

В спилитах и других эффузивных траппах концентрируется халькопиритовая фракция рудного флюида, в твердой фазе которой резко снижается роль сульфида железа; уменьшается и количество кобальта; главным рудным минералом становится халькопирит, количество платиноидов почти в два, а золота — в три раза больше, чем в сульфидной массе такситового габбро-диабазы, в два и три раза выше также отношение $\text{Pd} : \text{Pt}$.

Пересчеты имеющихся анализов показывают, что в халькопирит-миллеритовых рудах содержится: халькопирита 78,0%, миллерита 11,4%, пирита 10,3%, серы 38,1%. Колебания по отдельным пробам значительны. Отношение $\text{Co} : \text{Ni} = 0,030$; $\text{Cu} : \text{Ni} = 3,17$; $\text{Pd} : \text{Pt} : \text{Rh} : \text{Au} = 10,60 : 1,0 : 0,095 : 0,554$. Количество железа в дисульфидную фазу кристаллизации в твердой фазе рудного флюида невелико: 27,2% по сравнению с 46,2% в рудах такситового габбро-диабазы. Этот элемент становится снова доминирующим только в небольших жилах, относящихся к последней фазе кристаллизации, главным минералом которых является никелистый пирит.

В отношении происхождения контактных руд в эффузивных траппах существует несколько точек зрения. Эпигенетическое образование их, конечно, не вызывает сомнений. Спорным является вопрос об источнике минерализации. В. К. Котульский (1943, 2, 3, 1946) предполагал, что источником сульфидов в спилитах служат рудные габбро-диабазы. В пользу такого предположения говорит совместное нахождение сульфидов и силикатов: контактный пи-

роксен образует цепочки, а чаще ситовидно прорастает сульфиды и сингенетичен с последними. Пологие сульфидные жилы образовались позднее, уже в полностью раскристаллизованных породах. Некоторые геологи указывали на тесную связь северного жильного поля и контактных руд в восточной ветви месторождения; в других участках, однако, такой связи нет. Г. Б. Роговер (1959), основываясь на факте отсутствия контактного оруденения во впадинах, где спилиты срезаны габбро-диабазами, и слоистом строении рудного тела, считает эти руды гидротермальными образованиями, предшествующими интрузии габбро-диабазов.

Выше было показано (см. рис. 7), что центры и источники минерализации находятся в депрессиях ложа габбро-диабазов, где имеются два типа руд — жильные и вкрапленные. Какой же из этих двух типов был источником минерализации спилитов?

Ответ на этот вопрос дают вертикальные апофизы, отходящие от пологих сульфидных жил, встречаемых и биотитизированных спилитах, с тем же минералогическим составом, что и пологие жилы (70—75% Po). Часто такие апофизы пересекают минерализованные спилиты от кровли до почвы, но не оказывают никакого влияния на состав сульфидной массы последних; не были они и барьерами при движении рудного флюида в спилитах. Следовательно, рудные тела сплошных сульфидов образовались позднее вкрапленных руд эоконтактной зоны и не могли служить источником контактных руд в восточной ветви месторождения. Другими словами, происхождение контактных руд рассматриваемого участка подтверждает точку зрения В. К. Котульского. (Однако в других частях месторождения существует генетическая связь между подобным оруденением и пологими сульфидными жилами — «второй пласт западной ветви месторождения»).

Халькопирит-миллерит-пиритовые руды по доминирующему элементу в рудном флюиде — железу — относятся к дисульфидной фазе кристаллизации, а по положению в разрезе рудной зоны — к низкотемпературным образованиям.

Оруденение в осадочных породах В осадочных породах лежачего бока габбро-диабазов сконцентрировано примерно такое же количество рудной массы, что и в эффузивных траппах, но наиболее значительные участки минерализации находятся в средней и южной частях месторождения. На севере имеются лишь отдельные окна в восточной ветви габбро-диабазов, где последние находятся в контакте с осадками тунгусской серии. Небольшие рудные тела встречаются и здесь.

Наиболее продуктивными в осадочных породах являются среднезернистые кварц-аркозовые, полимиктовые и туфогенные песчаники с карбонатным и глинисто-кремнеземистым цементом. В глинистых, углистых и графитизированных сланцах на контакте с габбро-диабазами обычно развита сеть тонких, халькопиритовых прожилков; иногда встречаются линзы и короткие жилы сплошных сульфидов. В песчаниках известны

жильные и метасоматические руды. Метасоматические руды состоят из халькопирита, миллерита и никелистого пирита и по форме залегания представляют собой гнезда и довольно крупные лещикообразные тела. Обычно рудные тела ограничены четко, но встречаются и постепенные переходы от минерализованной к пустой породе. Типичным является «рудная линза в песчаниках» на горизонте 300 м восточной ветви месторождения. Линза лежит под спилитами и лабродоровыми порфиритами и только в южной своей части почти соприкасается с габбро-диабазами. Рудное тело имеет лещикообразную форму; залегание согласное с вмещающей породой, которой служит кварц-аркозовый песчаник, состоящий из угловатых зерен кварца, пелитизированного полевого шпата и карбонатно-глинистого цемента. Сульфиды представлены тонкозернистой массой, пропитывающей породу. Они замещают цемент и отчасти полевые шпаты. Соотношение рудных минералов изменчиво. Нормативный минералогический состав, по нескольким анализам, при пересчете всего никеля на миллерит следующий: халькопирита 55,0%, миллерита 10,2% и пирита 34,8%.

Оруденение в осадочных породах в средней и южной частях месторождения и в воронкообразной впадине представлено сплошными сульфидными и метасоматическими рудами, составляющими рудные зоны значительного протяжения. Часто минерализованы и вмещающие рудные тела породы.

Нормативный минералогический состав метасоматических руд средней части месторождения при пересчете никеля на миллерит по данным трех анализов следующий: халькопирита 55,3%, миллерита 16,7%, пирита 28,0%, серы 39,8%.

Халькопирит-миллерит-пиритовые руды в осадочных породах характеризуются высоким отношением $\text{Cu} : \text{Ni} = 1,8—3,6$ и низким $\text{Co} : \text{Ni} = 0,02$. Отношение $\text{Pd} : \text{Pt} : \text{Rh} : \text{Au} = 2,27 : 1,00 : 0,026 : 0,155$ (по данным трех анализов).

Заканчивая описание эоконтактного оруденения Норильск I, следует отметить тесную пространственную связь между инженерными богатыми рудами интрузии и интенсивной минерализацией боковых пород (см. рис. 4 и 5). Это свидетельствует о том, что процесс образования тех и других руд был единым и одновременным. Изменение химического состава твердой фазы рудного флюида при переходе в зону эоконтакта идет в том же направлении, что и в интрузии, — от ее центра к лежащему боку (снижение содержания в сульфидной массе Ni , Co , ΣPt , отчасти Cu , повышение роли Fe и др.), но в подстилающих породах происходит более резкое разобщение пирротиновой и халькопиритовой фракций сульфидов, начало которого фиксируется в такситовых габбро-диабазх.

Пирротиновая фракция распространяется главным образом в лабродоровом порфирите и титан-авгитовом диабазе, возле контакта с габбро-диабазами. Ее крайним членом являются небольшие гнезда почти чистого пирротина с небольшим количеством

сульфидов никеля и меди, изредка встречаемые в лабродоровом порфирите и в песчаниках. Подвигаящая масса более подвижной халькопиритовой фракции уходит в эффузивные траппы и осадочные породы. Ближе к габбро-диабазам она дает пирротин-пентландит-халькопиритовую минеральную ассоциацию с преобладанием халькопирита, а в более удаленных — халькопирит-миллерит-пиритовую с разным соотношением рудных минералов. Здесь сильно снижается роль железа (кроме богатых пиритом разностей) в сульфидной массе (29,1—40,2% по сравнению с 44,5—46,5% в интрузии) и вместе с медью увеличивается содержание никеля, платиноидов и золота. Судя по положению эвконтактовых руд в разрезе рудной зоны, кристаллизация обих фракций рудного флюида с пирротином в твердой фазе происходила при близких температурах среды. В низкотемпературной, дисульфидной, фазе кристаллизации железа пентландит сменяется миллеритом.

ЖИЛЬНЫЕ ИЛИ СПЛОШНЫЕ СУЛЬФИДНЫЕ РУДЫ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Сплошные сульфидные или жильные руды образуют преимущественно пологие рудные тела, залегающие в нижней части габбро-диабазов или в подстилающих их осадочных и изверженных породах реже встречаются крутопадающие рудные тела, которые секут породы почвы и рудные дифференциаты интрузии. В особый тип выделяются вертикальные халькопиритовые жилы Северного мыса горы Рудной, залегающие в осадках тунгусской серии и выклинивающиеся вниз — в мергелях девонского возраста, а вверх — в такситовом габбро-диабазе. В отличие от вкрапленного и метасоматического оруденений, концентрации которых связаны или со слоями течения магмы, или с петрографическими и структурными особенностями вмещающей среды, положение жил в рудной зоне контролируется трещиноватостью пород. Сульфидные жилы кристаллизовались после формирования габбро-диабазов; последние подвергались тектоническим передвижкам до образования жил. Крутопадающие жилы, пересекающие породы лежачего бока и нижние дифференциаты габбро-диабазов, указывают на парагенетические отношения их с рудной интрузией. В. К. Котульский (1943) относит сульфидные жилы к особой субфазе рудного процесса, более поздней по сравнению с вкрапленным оруденением.

Подвигаящая масса сплошных сульфидных руд месторождения Норильск I сосредоточена в пологих рудных телах. В одних случаях они встречаются одиночными жилами, в других располагаются группами на одном горизонте и, соединяясь своими концами, образуют жильные поля. Очень часто основной жиле сопутствуют один или несколько маломощных прожилков в одном или обоих боках жилы, образуя жильную зону.

Сульфидные жилы наблюдаются во всех породах рудной зоны, кроме хлоритизированных спилитов, где крупных рудных тел сплошных сульфидов не встречено.

В биотитизированных спилитах от пологих жил отходят вниз вертикальные апофизы северо-восточного или северо-западного простирания. Они тупо выклиниваются на контакте биотитизированных спилитов и песчаников. По составу сульфидной массы апофизы ничем не отличаются от пологих жил. В других породах подобные рудные тела не встречаются.

В плане жилы и жильные поля имеют овальную форму, будучи вытянуты в направлении длины интрузии габбро-диабазов. Прослеживая положение жил и жильных полей в продольном разрезе рудной зоны, легко убедиться в том, что большая часть их приурочена к почве габбро-диабазов. Они имеют с габбро-диабазом общий угол погружения в южном направлении, но не следуют строго по рельефу почвы интрузии, а образуют свой гипсометрический горизонт. Так, в восточной ветви месторождения жилы лежат у нижнего контакта габбро-диабазов, а южнее, в воронкообразной впадине, они отрываются от почвы интрузии на 60—80 м, подчиняясь уклону жильного горизонта. В западной ветви месторождения, где нет крупных порогов в почве габбро-диабазов, жилы теснее связаны с почвой интрузии.

Количество жильных руд на месторождении Норильск I увеличивается в направлении восстания интрузии габбро-диабазов. Положение главной массы жильных руд в разрезе и плане рудной зоны определяет, как мы увидим ниже, их валовой состав как существенно пирротиновых руд. Поэтому их часто называют пирротиновыми жилами, хотя такое определение не всегда соответствует минералогическому составу некоторых рудных тел. Увеличение содержания пирротина происходит за счет не только пентландита, но и главным образом халькопирита, благодаря чему отношение меди к никелю становится меньше единицы или близок к этой величине. Значительно снижается по сравнению с вкрапленными рудами габбро-диапазов содержание кобальта и платиноидов.

Следует отметить пространственную связь между богатой минерализацией габбро-диабазов и подстилающих их пород и рудными телами сплошных сульфидов. Поголе сульфидные жилы, залегающие в габбро-диабазе, часто сопровождаются жилами богатых вкрапленных руд. Последние приурочены к слоям течения и в этом случае секутся жилами.

Выше мы видели, что постепенные изменения в составе сульфидной массы в разрезе интрузии габбро-диабазов приводят к двум типам руд: пикритовым и такситовым. Точно так же и сульфидные жилы, залегающие в пикритовом габбро-диабазе, по составу рудной массы отличаются от жил такситового габбро-диабаз. Имеются и рудные тела промежуточного состава. Существует тесная связь между химико-минералогическим составом

жил и сульфидной массой вкрапленных руд вмещающих пород, т. е. в направлении от центральной части интрузии к ее лежащему боку, в валовом составе рудных тел сплошных сульфидов происходят те же изменения, что и в твердой фазе рудного флюида вкрапленных руд (повышение роли пирротина, снижение содержания никеля, кобальта, платиноидов и др.).

Типичные жилы пикритовых и такситовых габбро-диабазов сходны по составу сульфидной массы с вкрапленниками вмещающей среды, но соотношения рудных минералов и металлов здесь другие. По этим признакам жилы стоят ближе всего к богатым вкрапленным рудам, а в сравнении с рядовыми — к нижним интервалам соответствующего дифференциата. Это видно из табл. 4, где сравниваются данные по двум жилам с вкрапленными рудами.

Таблица 4

Нормативный минералогический состав и содержание некоторых элементов в сульфидной массе вкрапленных и жильных руд пикритовых и такситовых габбро-диабазов

| Минералы | Среднее во вкрапленных рудах в пикритовом габбро-диабазе | Богатые руды в пикритовом габбро-диабазе | Жилы в пикритовом габбро-диабазе | Среднее во вкрапленных рудах в такситовом габбро-диабазе | Богатые руды в такситовом габбро-диабазе | Жилы в такситовом габбро-диабазе |
|--------------------------|--|--|----------------------------------|--|--|----------------------------------|
| Пирротин . . | 41,5 | 43,5 | 47,7 | 47,5 | 53,5 | 66,0 |
| Пентландит . | 26,1 | 23,8 | 22,7 | 21,0 | 19,3 | 19,6 |
| Халькопирит . | 32,4 | 32,5 | 29,6 | 31,5 | 27,2 | 14,4 |
| Отношение Cu к Ni . . | 1,37 | 1,48 | 1,39 | 1,64 | 1,62 | 0,78 |

В сплошных сульфидных рудах разобшение халькопиритовой и пирротиновой фракций рудного флюида проявляется более резко, чем во вкрапленных, особенно между рудными телами, залегающими в осадочных породах. Здесь на одном полюсе имеются жилы с содержанием пирротина до 80—85%, на другом — медистые руды, богатые платиноидами, золотом и никелем, с содержанием халькопирита более 50%. Разобшение это наблюдается и внутри крупных рудных тел независимо от состава вмещающих пород. В осадочных породах халькопиритовые жилы с пирротинотом и пентландитом переходят в халькопирит-миллерит-пиритовые (никелистый пирит), а при значительном удалении от габбро-диабазов — в пиритовые с небольшим количеством халькопирита и миллерита (Северный мыс горы Рудной). Стало быть, в экзоконтакте габбро-диабазов эволюция химико-минералогического состава жилы совершенно аналогична вкрапленным и метасоматическим рудам. Это свидетельствует о сближенности во

времени их субфаз рудообразующего процесса при почти одинаковом влиянии температуры среды на состав твердой фазы рудного флюида.

Нельзя не отметить огромную по сравнению с масштабом жильных тел концентрацию существенно пирротиновой массы, в крайней северной части месторождения. Жилы средней и южной части месторождения содержат меньше пирротина и больше халькопирита и пентландита. Они значительно меньше и по объему рудных тел. Все это хорошо согласуется с увеличением минерализации пород в направлении восточной интрузии и с качественным изменением состава сульфидной массы вкрапленных руд (повышение роли сульфида железа и др.).

Наиболее крупное рудное тело типа пикритовых руд находится в районе воронкообразной впадины и известно под названием «Южного жильного поля» восточной ветви месторождения. Здесь имеются две жильные зоны: нижняя, располагающаяся в 40—60 м выше почвы интрузии, и верхняя — в 70—80 м выше почвы. Сульфиды меди и никеля в «Южном жильном поле» концентрируются в центральной, наиболее мощной части жил. Здесь обособляются халькопирит-кубанит-пентландитовые руды без пирротина или с небольшим количеством этого минерала. Сульфидная масса их имеет высокое содержание меди, никеля, платиноидов и золота. Халькопирит-пирротинные руды распространяются в маломощных периферийных частях жил, что служит признаком более поздней их кристаллизации.

В одной из скважин в средней части месторождения была встречена жила, богатая медью и платиноидами; содержание последних почти в несколько раз выше нормы богатых вкрапленных руд пикритовых габбро-диабазов. Отношение $Pd : Pt : Au = 4,25 : 1,00 : 0,6$.

Жилы, близкие по составу сульфидной массы к вкрапленным рудам пикритовых габбро-диабазов, залегают не только в пикритах, но и ниже этого дифференциата; как и жилы с составом сульфидной массы такситовых габбро-диабазов часто уходят в подстилающие интрузию породы. Примером таких жил может служить «Южное жильное поле» западной ветви месторождения и некоторые другие рудные тела той же западной ветви месторождения: жила уклона № 8 рудника «Заполярного» и небольшая жила, находящаяся в северной части западной ветви месторождения на руднике «Угольный ручей» и в ряде других пологих жил. Их валовой химико-минералогический состав в одних случаях ближе к пикритовым, в других — к такситовым вкрапленным рудам.

В жилах такситовых габбро-диабазов и подстилающих пород процесс вытеснения сульфидов цветных металлов пирротинотом идет дальше, чем в эпигенетических вкрапленных рудах габбро-диабазов. Поэтому среди жильных руд этого типа имеются существенно пирротинные рудные тела с содержанием FeS в суль-

фидной массе до 75—80%. Доминирующая роль железа в твердой фазе рудного флюида подчеркивается обилием магнетита, количество которого достигает 20—25% по сравнению с 5% в пирротин-пентландит-халькопиритовых жилах обычного состава.

Это отличие сплошных сульфидных руд Норильского месторождения от вкрапленных не затушевывает полной аналогии в изменении валового химико-минералогического состава между ними как в разрезе, так и по восстановлению рудной зоны. В жилах шире диапазон изменения химического и минералогического состава сульфидной массы от кубанит-халькопирит-пентландитовых руд без пирротина до очень бедных цветными и благородными металлами пирротиниов.

Наиболее крупными рудными телами сплошных сульфидов типа такситовых руд являются «Северные жилые поля» западной и восточной ветви месторождения.

Жилы «Северного жилого поля» западной ветви месторождения сопровождаются богатыми вкрапленными рудами, подчиненными слоям интрузии. Рудное тело богатых вкрапленных руд имеет линзообразную форму, его мощность значительно больше мощности жил. Средний нормативный минералогический состав сульфидной массы жил следующий: пирротина 65,9%, пентландита 19,6%, халькопирита 14,5%.

«Северное жилое поле» восточной ветви габбро-диабазовой интрузии является самым мощным скоплением сплошных сульфидов. В минералогическом отношении оно отличается от описанного выше жилого поля западной ветви интрузии более высоким содержанием пирротина в сульфидной массе и более совершенно выраженной дифференциацией пирротиниовой и халькопиритовой фракций сульфидов. В плане поле имеет овальную форму и состоит из семи линз, образующих одно рудное поле. Средний нормативный минералогический состав сульфидной массы следующий: пирротина 70,1%, пентландита 17,6%, халькопирита 12,3%, серы 36,2%. Отношение $Fe:Ni:Co:Cu = 9,25:1,00:0,037:0,72$. Количество никеля в сульфидной массе жил несколько ниже, чем во вкрапленных такситовых габбро-диабазов; кобальта в 1,5 раза, меди в 2,5 и платиноидов в несколько раз меньше, чем во вкрапленных рудах такситов.

Как и во всех рудных телах описываемого типа, в «Северном жилом поле» восточной ветви месторождения пирротин является доминирующим минералом в мощных центральных частях жил (кроме блока № 80, где состав жилы ближе к типу пикритовых руд), халькопирит — в апофизах и приконтурных участках. Количество халькопиритовых руд в жилом поле невелико: руды с содержанием меди в сульфидной массе выше нормы месторождения составляют не более 1% объема сплошных сульфидов «Северного жилого поля». Поэтому образование существенно пирротиниовых руд в жилах не может быть объяснено дифференциацией сульфидной массы внутри рудного тела.

В рудах типа пикритовых габбро-диабазов халькопиритовая фракция сульфидной массы концентрируется в центральных мощных частях жил, в такситовом типе — уходит на периферию рудного тела. Иными словами, при переходе от одного типа жил к другому главные рудные минералы меняются местами, что свидетельствует о различии температурного режима при их образовании. Халькопиритовые руды с кубанитом пикритовых габбро-диабазов относятся к одной из наиболее высокотемпературных минеральных ассоциаций, а температура кристаллизации халькопиритовых участков существенно пирротиниовых жил ниже температуры кристаллизации главной пирротиниовой части рудного тела.

Так называемые «шикры», вскрытые Н. Н. Урванцевым в первые годы разведочных работ на Северном мысе горы Рудной, представляют собой относительно небольшие линзообразные тела сплошных сульфидов. Вмещающими породами их служат такситовые габбро-диабазы с богатой вкрапленной рудой, полоса которой прослеживается в южном направлении до 100 м от шширы, в северном выклинивается быстрее. В ряде работ по Норильскому месторождению богатая вкрапленность, среди которой лежат сплошные сульфиды, рассматривается как доказательство ливкации последних в камере интрузии; при этом считается, что обособившиеся сульфиды участвовали в движении силикатной магмы, оставляя след богатой вкрапленности. Эта точка зрения сложилась до того, как были изучены пологие пирротиниовые жилы.

Ранее мы видели, что тесная связь богатых вкрапленных и сплошных сульфидных руд в габбро-диабазовой интрузии на месторождении явление обычное, но локализация этих двух типов руд контролируется различными факторами: первые подчинены главным образом слоям течения магмы, вторые — трещиноватости пород. Вероятно, те же отношения существовали между шширами и богатыми вкрапленными рудами, поэтому последние не могут рассматриваться как след движения линз сплошных сульфидов. То, что шширы не представляют особого, отличного от пологих сульфидных жил типа руд, явствует из сравнения их с некоторыми одиночными пологими жилами, как например с жилой одной скважины, расположенной к югу от «Северного жилого поля» в восточной ветви месторождения. По форме рудного тела жила в скважине вполне аналогична шширам и отличается от последних только более крупными размерами. Главным рудным минералом жилы является пирротин, количество которого в центральной части достигает 75—80% объема сульфидной массы. Так же, как и в шширах, здесь очень много магнетита (до 15%), концентрирующегося у контактов жилы и в массе пирротина. Богатая около-жилевая вкрапленность в габбро-диабазовых подчтпена слоям течения.

Отношение меди к никелю в шширах 0,89, в жиле — 0,55, во вкрапленных рудах возле шширов — 1,51, возле жилы — 1,5. Те

фидной массе до 75—80%. Доминирующая роль железа в твердой фазе рудного флюида подчеркивается обилием магнетита, количество которого достигает 20—25% по сравнению с 5% в пирротин-пентландит-халькопиритовых жилах обычного состава.

Это отличие сплошных сульфидных руд Норильского месторождения от вкрапленных не затушевывает полной аналогии в изменении валового химико-минералогического состава между ними как в разрезе, так и по восстанию рудной зоны. В жилах шире диапазон изменения химического и минералогического состава сульфидной массы от кубанит-халькопирит-пентландитовых руд без пирротина до очень бедных цветными и благородными металлами пирротиниов.

Наиболее крупными рудными телами сплошных сульфидов типа такситовых руд являются «Северные жилые поля» западной и восточной ветви месторождения.

Жилы «Северного жилого поля» западной ветви месторождения сопровождаются богатыми вкрапленными рудами, подчиненными слоям интрузии. Рудное тело богатых вкрапленных руд имеет линзообразную форму, его мощность значительно больше мощности жил. Средний нормативный минералогический состав сульфидной массы жил следующий: пирротина 65,9%, пентландита 19,6%, халькопирита 14,5%.

«Северное жилое поле» восточной ветви габбро-диабазовой интрузии является самым мощным скоплением сплошных сульфидов. В минералогическом отношении оно отличается от описанного выше жилого поля западной ветви интрузии более высоким содержанием пирротина в сульфидной массе и более совершенно выраженной дифференциацией пирротиниовой и халькопиритовой фракций сульфидов. В плане поле имеет овальную форму и состоит из семи линз, образующих одно рудное поле. Средний нормативный минералогический состав сульфидной массы следующий: пирротина 70,1%, пентландита 17,6%, халькопирита 12,3%, серы 36,2%. Отношение $Fe:Ni:Co:Cu = 9,25:1,00:0,037:0,72$. Количество никеля в сульфидной массе жил несколько ниже, чем во вкрапленных такситовых габбро-диабазов; кобальта в 1,5 раза, меди в 2,5 и платиноидов в несколько раз меньше, чем во вкрапленных рудах такситов.

Как и во всех рудных телах описываемого типа, в «Северном жилом поле» восточной ветви месторождения пирротин является доминирующим минералом в мощных центральных частях жил (кроме блока № 80, где состав жилы ближе к типу пикритовых руд), халькопирит — в апофизах и приконтурных участках. Количество халькопиритовых руд в жилом поле невелико: руды с содержанием меди в сульфидной массе выше нормы месторождения составляют не более 1% объема сплошных сульфидов «Северного жилого поля». Поэтому образование существенно пирротиниовых руд в жилах не может быть объяснено дифференциацией сульфидной массы внутри рудного тела.

В рудах типа пикритовых габбро-диабазов халькопиритовая фракция сульфидной массы концентрируется в центральных мощных частях жил, в такситовом типе — уходит на периферию рудного тела. Иными словами, при переходе от одного типа жил к другому главные рудные минералы меняются местами, что свидетельствует о различии температурного режима при их образовании. Халькопиритовые руды с кубанитом пикритовых габбро-диабазов относятся к одной из наиболее высокотемпературных минеральных ассоциаций, а температура кристаллизации халькопиритовых участков существенно пирротиниовых жил ниже температуры кристаллизации главной пирротиниовой части рудного тела.

Так называемые «шикры», вскрытые Н. Н. Урванцевым в первые годы разведочных работ на Северном мысе горы Рудной, представляют собой относительно небольшие линзообразные тела сплошных сульфидов. Вмещающими породами их служат такситовые габбро-диабазы с богатой вкрапленной рудой, полоса которой прослеживается в южном направлении до 100 м от шлира, в северном выклинивается быстрее. В ряде работ по Норильскому месторождению богатая вкрапленность, среди которой лежат сплошные сульфиды, рассматривается как доказательство ликвации последних в камере интрузии; при этом считается, что обособившиеся сульфиды участвовали в движении силикатной магмы, оставляя след богатой вкрапленности. Эта точка зрения сложилась до того, как были изучены пологие пирротиниовые жилы.

Ранее мы видели, что тесная связь богатых вкрапленных и сплошных сульфидных руд в габбро-диабазовой интрузии на месторождении явление обычное, но локализация этих двух типов руд контролируется различными факторами: первые подчинены главным образом слоям течения магмы, вторые — трещиноватости пород. Вероятно, те же отношения существовали между шширами и богатыми вкрапленными рудами, поэтому последние не могут рассматриваться как след движения линз сплошных сульфидов. То, что шширы не представляют особого, отличного от пологих сульфидных жил типа руд, явствует из сравнения их с некоторыми одиночными пологими жилами, как например с жилой одной скважины, расположенной к югу от «Северного жилого поля» в восточной ветви месторождения. По форме рудного тела жила в скважине вполне аналогична шширам и отличается от последних только более крупными размерами. Главным рудным минералом жилы является пирротин, количество которого в центральной части достигает 75—80% объема сульфидной массы. Так же, как и в шширах, здесь очень много магнетита (до 15%), концентрирующегося у контактов жилы и в массе пирротина. Богатая около-жилевая вкрапленность в габбро-диабазовых подчтена слоям течения.

Отношение меди к никелю в шширах 0,89, в жиле — 0,55, во вкрапленных рудах возле шширов — 1,51, возле жилы — 1,5. Те

же отношения должны существовать и по полиноидам благодаря тесной корреляционной связи последних с медью.

Изложенное выше не дает основания выделять шилы в особый генетический тип лавковых руд: это те же эпигенетические рудные тела, что и пологие пирротиновые жилы, образовавшиеся в затвердевшем габбро-диабазе и в подстилающих рудную интрузию породах. К югу от шилы на их гипсометрическом горизонте располагается пологая сульфидная жила № 1, залегающая в габбро-диабазе и титан-авгитовом диабазе.

Сплошные сульфидные руды в осадочных породах по минералогическому составу сходны с пологими жилами, залегающими в других породах, и представлены пирротиновыми (70—85% пирротина) и халькопиритовыми (20—40% пирротина). В первых отношении Co к $Ni = 0,023$, во вторых, равно 0,013; отношение Su к Ni соответственно равно 0,61 и 2,10.

Среди жильных рудных тел Норильского месторождения особое место занимают так называемые вертикальные (точнее крутопадающие, угол падения 75—80°) или халькопиритовые жилы Северного мыса горы Рудной, детально изученные Н. С. Зонтовым.

Н. С. Зонтов (1943, 1958) и некоторые другие исследователи Норильского месторождения считают, что описываемые жилы образовались в результате проникновения жидкой сульфидной массы по вертикальной трещине из пологой пирротиновой жилы № 1 Северного мыса горы Рудной, залегающей в габбро-диабазе и титан-авгитовых диабазе. Описанная Н. С. Зонтовым зональность в минералогическом составе вертикальных жил, своеобразная морфология рудного тела и наличие фальшбандового оруденения исключают такую трактовку генезиса. Вертикальные жилы не отходят и тем более не вытекают из пологой пирротиновой жилы, а секут ее. К сожалению, единственное место, где можно было наблюдать сочленение рудных тел, находилось в зоне окисления и решить возрастные взаимоотношения их путем непосредственных наблюдений было трудно. Незначительная мощность вертикальной жилы, здесь уже выклинивающейся, и общий с пологой жилой минералогический состав были также неблагоприятными факторами для решения этого вопроса.

Мнению о пологой жиле как источнике сульфидной массы вертикальных жил противоречат также следующие факты.

Во-первых, участок соприкосновения рудных тел очень мал (наблюдался в одной выработке), при этом точки соприкосновения имеет, по-видимому, только одна из жил. Между тем сульфидная масса по кулисообразной трещине распространилась более чем на 100 м вниз и на сотни метров по простиранию. Едва ли можно приписывать сульфидному расплаву в низкотемпературной среде неметаморфизованных осадочных пород такую высокую подвижность. Во-вторых, на примере «Северного жильного поля» восточной ветви месторождения мы видели, что халькопиритовая фракция в сульфидной массе пологих пирротиновых жил очень

невелика (не более 1%), в данном случае запасы вертикальных халькопиритовых жил больше запасов пологой пирротиновой жилы.

Все это свидетельствует о том, что вертикальные халькопиритовые жилы Северного мыса имеют лишь парагенетические отношения с интрузией и пологими пирротиновыми жилами, являясь типичными гидротермальными образованиями.

ВЕРХНЯЯ РУДНАЯ ЗОНА

Верхняя рудная зона месторождения Норильск I приурочена к эруптивной брекчии и к верхним такситовым габбро-диабазам; заметно минерализована также и верхняя часть пироксеновых габбро-диоритов. Средняя мощность ее значительно меньше нижней.

Оливиновый габбро-диабаз, как уже указывалось ранее, имеет микроскопически заметное оруденение только у почвы, у контактов с пикритовыми габбро-диабазовыми. При этом мощность минерализованной зоны составляет всего 1,5—1,8% мощности дифференциата. Выше оливиновый габбро-диабаз представляет собой безрудную, почти не затронутую гидротермальными процессами породу. Содержание меди и никеля от следов до 0,02%, количество благородных металлов — ниже чувствительности анализа. Следовательно, кларки никеля оливинового габбро-диабаза интрузии Норильск I (выше рудной зоны), основных эффузивов и недифференцированных интрузий одного порядка и значительно ниже пикритовых порфиритов. Напомним, что оливиновые габбро-диабазы составляют значительную часть интрузий, поэтому отсутствие в них остаточной минерализации при ничтожно малом количестве силикатного никеля (если никель в этой форме вообще существует) служит одним из убедительных доводов против теории ликвации и гравитационной отсадки сульфидов *in situ* в камере интрузии: ликвация никогда не бывает полной (Годлевский, 1959).

Наличие сульфидов меди и никеля в пироксеновых габбро-диоритах устанавливается химическими анализами. Пробы с относительно высоким содержанием никеля и меди тяготеют, как и пирит, к верхней части дифференциата. По анализам медь несколько преобладает над никелем, в среднем же отношение этих металлов близко к единице. Кобальта в сульфидной массе содержится до 0,001%. Этот металл, вероятно, связан с пиритом. В группе благородных металлов относительно высокое содержание платины: отношение $Pd:Pt = 2,0$, т. е. сравнительно ниже, чем во вкрапленных рудах нижней рудной зоны. Содержание золота в сульфидной массе выше нормы. Родий не обнаружен. Если золота и металлы группы платины и палладия связывать с сульфидами (без учета пирита), то сульфидная масса пироксеновых габбро-диоритов богата этими металлами, особенно платиной и золотом.

По данным В. Л. Гинзбурга и Г. Б. Роговера получается, что на единицу суммы меди и никеля приходится платиноидов в полтора, а золота в два раза больше, чем в нижних дифференциатах интрузии. По керновым пробам сумма платиноидов, отнесенная к единице цветных металлов, в несколько раз больше, чем во вкрапленных рудах нижней рудной зоны.

Более значительная минерализация в верхней рудной зоне месторождения Норильск I наблюдается в верхнем такситовом габбро-диабазе, в диабаз-пегматитах и грубозернистом габбро. Здесь встречаются крупные ксеноморфные вкрапленники сульфидов, чаще с преобладанием пиритина над халькопиритом. В заметном количестве присутствует пирит. Отношение $\text{Cu} : \text{Ni}$ близко к единице. Опробование в восточной части месторождения, равно как и старые данные, показывает высокое содержание благородных металлов в сульфидной массе: золота и платиноидов в несколько раз больше, чем во вкрапленных рудах нижней части интрузии при отношении $\text{Pd} : \text{Pt} : \text{Au} = 1,78 : 1,00 : 0,037$. Присутствуют также родий и кобальт.

В эруптивной брекчии характер оруденения и состав сульфидной массы тот же. Увеличивается роль пирита. При проходе шахты была встречена линза сплошных сульфидов.

Наиболее характерной особенностью химического состава сульфидной массы верхнего оруденения, следовательно, является необычно высокое содержание благородных металлов при низком значении $\text{Pd} : \text{Pt}$. По этому признаку оруденение ближе всего к известному «рифу Меренского» (Южная Африка, Карру), отличающемся от последнего абсолютным содержанием металлов и более изменчивой мощностью рудной зоны.

НЕКОТОРЫЕ ВЫВОДЫ ПО ГЕНЕЗИСУ МЕСТОРОЖДЕНИЯ. КЛАССИФИКАЦИЯ РУД

Наиболее широко известны две гипотезы генезиса сульфидных медно-никелевых месторождений: ливкационно-магматическая, основоположником которой был И. Форт (1893, 1923), и гидротермальная, впервые высказанная Р. Бекком (1903). Первая признана почти всеми авторами классификацией и учебников по рудным месторождениям. Ее сторонниками являлись В. К. Котульский, Д. Ф. Мурашев, Г. В. Холмов и другие геологи, а по Норильскому месторождению дальнейшее развитие она получила в работах И. А. Коровякова, Н. Н. Годлевского, Н. С. Зонтова и Н. И. Урванцева. Вторая — гидротермальная гипотеза — была признана А. Етсом и Л. Грейтоном в отношении крупнейшего медно-никелевого месторождения Сёдерберга в СССР она разрабатывается Н. А. Елисеевым и его сотрудниками, изучавшими месторождения Монче-тундры и Печенги. Не останавливаясь подробно на этих и других, менее известных теориях, отметим, что к ливкационно-

магматической теории исследователи приходят главным образом с позиций физико-химических основ процесса рудообразования, к гидротермальной — из полевых наблюдений и тесной парагенетической связи сульфидов с постериорными гидросиликатами.

В настоящей работе описываются строение рудной интрузии и химико-минералогический состав сульфидной массы в разрезе и плане рудной залежи, показана анатомия интрузии габбро-диабазов и рудной зоны. Изложенные материалы, если не дают основания для четких и исчерпывающих формулировок по генезису руд, то, во всяком случае, позволяют сделать некоторые выводы по этому вопросу. В основном они уже известны из описания габбро-диабазов и рудной зоны. Остановимся на некоторых из них.

Рудные поля Норильского района в тектоническом отношении приурочены к северо-западному окраину Сибирской платформы, к областям сочленения Тунгусской синеклазы и синклинальной структуры Норильского плато с пологими валлообразными поднятиями. Район разбит густой сетью последних дисъюнктивных дислокаций в форме ступенчатых сбросов и узких, но глубоких грабенов с различными амплитудами смещения (до 1,5—2,0 км).

Рудоносные интрузии относятся к типу хонолитов. Это дискордантные, расходящиеся по радиальным направлениям от одного гипотетического центра, вулканоплутоны (по терминологии А. А. Полканова), т. е. сообщавшиеся с поверхностью интрузивные тела. Каналами интродуировавшей магмы были вулканические аппараты центрального типа, а образование камер было подготовлено взрывами.

Норильский район представляет собой часть петрографической провинции Сибирской платформы, характерной чертой которой служит наличие эффузивных и интрузивных никеленосных ультраосновных пород. С последними генетически связана медно-никелево-платиновая металлогенетическая провинция.

Псевдостратификация хонолитов Норильского рудного поля обязана постлойной интекцией магмы. Пикритовые габбро-диабазы — один из обязательных дифференциатов рудных интрузий. Они несли убогую сульфидную вкрапленность (сингенетические руды), внедрение их относится к последнему периоду становления интрузии. Порядок внедрения дифференциатов, однако, не определял порядка кристаллизации: наиболее поздними продуктами кристаллизации силикатной магмы являются грубозернистые пегматиты верхних горизонтов интрузии. Явления гравитации прототипов имели локальный характер и проявлялись только в оливиновом габбро-диабазе.

При описании вкрапленных и жильных руд было показано изменение химического состава твердой фазы рудного флюида в разрезе рудной зоны; при этом отмечалось, что состав сульфидной массы изменяется в обеих формах концентрации рудной массы по одному закону. Изменения эти приводят к двум типам руд в габбро-диабазовой интрузии (такситовые и пикритовые руды).

Процесс рудообразования в зоне экзоконтакта более сложен. Здесь происходит бифуркация пирротиновой и халькопиритовой фракций рудного флюида. Халькопиритовые руды представлены двумя парагенетическими минеральными ассоциациями: пирротин-пентландит-халькопиритовой и пирит-миллерит-халькопиритовой. Крайним, низкотемпературным продуктом кристаллизации халькопиритовой фракции являются линзы и мелкие жилки существенно пиритовых руд (никелистый пирит), пирротиновой — гнезда пирротина, бедные цветными и благородными металлами.

Таблица 5

Типы руд нижней зоны месторождения Норильск I

| Вмещающие породы | Количество анализов | Пирротин, % | Пентландит, % | Халькопирит, % | Железо, % | Сера, % | Примечание |
|--|---------------------|-------------|---------------|----------------|-----------|---------|-------------------------------|
| <i>Сингенетические окрапленные руды</i> | | | | | | | |
| Оливиновые и пикритовые габбро-диабазы | 23 | 33,5 | 39,8 | 24,6 | 43,7 | 35,9 | Железо определено по разности |
| <i>Эпигенетические окрапленные и метасоматические руды</i> | | | | | | | |
| Пикритовый габбро-диабаз | 21 | 41,5 | 26,1 | 32,4 | 44,3 | 35,7 | |
| Такситовый габбро-диабаз | 55 | 47,5 | 21,0 | 31,5 | 46,2 | 35,7 | |
| Лабрадоровый порфирит и титан-авгитовый диабаз | 30 | 53,4 | 16,0 | 30,3 | 47,1 | 36,0 | |
| Вкрапленная руда в биотитизированных апитах | 5 | 28,9 | 20,7 | 50,4 | 41,0 | 35,5 | |
| Халькопиритовая руда в спилитах | 2 | 10,3 | 11,4 | 78,0 | 27,2 | 33,1 | |
| Рудные песчаники | 2 | 28,0 | 16,7 | 55,3 | 30,2 | 39,8 | |
| <i>Жидкие руды</i> | | | | | | | |
| Пикритовый габбро-диабаз | — | 49,4 | 21,1 | 31,5 | 47,2 | 35,6 | |
| Такситовый габбро-диабаз | — | 69,1 | 17,6 | 13,3 | 53,4 | 1,00 | |
| Осадочные породы | 3 | 70,4 | 18,9 | 10,7 | 53,4 | 36,2 | |
| | 2 | 22,2 | 26,8 | 51,0 | 38,7 | 36,5 | |

В табл. 5 приводится классификация руд по составу сульфидной массы, где показан средний нормативный минералогический состав по типам руд. Таблица отражает обратную вертикальную зональность месторождения, установленную ранее Н. С. Зонтовым для вертикальных халькопиритовых жил.

Концентрация сульфидов в такситовых габбро-диабазе в два раза выше, чем в пикритовых. Это, конечно, никак не может быть увязано с представлением о совместном накоплении оливина и сульфидов путем гравитационной отсадки. Характерно также, что 27,5% (а если учесть сульфиды верхней рудной зоны и жильные руды, то почти одна треть) месторождения даже с точки зрения ликвационно-магматической теории его генезиса должно быть отнесено к эпигенетическим образованиям.

Характер эволюции состава твердой фазы рудного флюида в разрезе месторождения и тесная пространственная связь интенсивной минерализации рудных дифференциатов и подстилающих пород позволяют рассматривать нижнюю рудную зону как единое рудное тело с общими закономерностями в концентрации сульфидов и в химико-минералогическом составе рудной массы. Промышленная минерализация, следовательно, была одновременной по всей мощности рудной зоны и эпигенетической не только по отношению к боковым породам, но и относительно габбро-диабазов. Между дифференцированными интрузиями и медно-никелевыми сульфидными месторождениями существуют не генетические, а парагенетические связи; при этом вкрапленные руды контролируются главным образом петрографическим составом и структурой вмещающих пород.

Имеется разрыв во времени кристаллизации вкрапленных и сплошных сульфидных руд, отмеченный еще В. К. Котульским, выделившим в рудном процессе две субфазы. Рудные тела жил подчинены дизъюнктивной тектонике.

У нас еще нет достаточно надежных критериев для определения абсолютной температуры кристаллизации сульфидов в условиях образования медно-никелевых месторождений С позиций ликвационно-магматической теории считается, что она ниже 600° (Годлевский, 1959₂), по другим данным — ниже 500° (Елисеев, 1959) В. К. Котульский (1944) и В. А. Масленников (1956), основываясь на присутствии ромбического антофиллита в жилах Монче-тундры, установили, что температура кристаллизации сульфидов ниже 400°C. Базальтовая магма, насыщенная летучими компонентами, остается жидкой в кратере вулкана еще при температуре 600°C, и среди геологов нет сомнений в том, что сульфиды кристаллизовались после силикатов.

Сопоставляя данные по этому вопросу с разрезом рудной зоны месторождения Норильск I, можно прийти к выводу о том, что подавляющая масса сульфидов кристаллизовалась ниже 400°C т. е. в диапазоне температур гидротермальных процессов.

М. Н. Годлевский (1959₂) указывает на сближенность по времени всех процессов формирования платформенных месторождений. В этом случае температура среды в период рудообразования на Норильском месторождении будет различной: верхняя часть рудной зоны находилась в центральной части раскристаллизовавшегося, но не остывшего интрузива, а нижняя — в боковых по-

родах. Э. Н. Елисеев (1959) определяет разницу температур образования медно-никелевых руд в 200—250°C; для Норильского месторождения она, по-видимому, больше 300—350°C.

Температура среды была главнейшим фактором, определившим состав твердой фазы рудного флюида и изменения в химико-минералогическом составе руд в разрезе рудной зоны. Этим фактором обусловлена обратная зональность месторождения. Разница в температуре среды в момент кристаллизации главных типов руд, вероятно, объясняет более чем полувековое сосуществование двух столь различных гипотез генезиса месторождений — магматической и гидротермальной. «Все месторождения, — писал В. К. Котульский о медно-никелевых рудах (1948), — одинаковы по генезису. Различие во взглядах обусловлено тем, что в одних месторождениях затуханы одни, в других — другие явления».

ЛИТЕРАТУРА

Ангара-Илимские железорудные месторождения трапповой формации южной части Сибирской платформы Гос научно техн изд-во лит по геологии и охране недр, М., 1960

Бетехтин А. Г. Основные проблемы в учении о магматогенных рудных месторождениях. М., 1953

Вебман Н. А. Пути дифференциации в траппах Декана. Пер. Сб. по геол и петр трапп формации Изд-во иностр лит., 1950.

Воронцов А. Е., Моор Г. Г. Новые данные по геологии сев.-зап. окраины Сибирской платформы Изв АН СССР, сер геол., № 3, 1947

Генкин А. Д. О виоларите из медно-никелевых месторождений Изв АН СССР, сер геол., № 2, 1950

Генкин А. Д. О закономерностях срastания магнетита и пирротина. Зап МВО, ч 79, в 3, 1950

Генкин А. Д. Некоторые особенности внутреннего строения зерен пирротина из медно-никелевых сульфидных месторождений Изв. АН СССР, сер. геол., № 2, 1955

Гинзбург В. Л., Роговер Г. Б. Закономерности распределения цветных и благородных металлов в главнейших рудных минералах и силикатах Норильского месторождения «Сов геол.», № 3, 1960

Годлевский М. Н. О содержании силикатного никеля в сульфидных медно-никелевых рудах Норильского месторождения. Бюлл. Норильского комб., № 324, 1957

Годлевский М. Н. Геология и рудные месторождения Норильского района «Горн журн», № 6, 1958.

Годлевский М. Н. Об особенностях развития траппового магматизма на северо-западе Сибирской платформы Докл. АН СССР, т 123, № 2, 1958.

Годлевский М. Н., Баталиев А. С. Фемические минералы дифференцированных трапповых интрузий Норильского района Сб Львовского геол. об-ва, № 12, 1958

Годлевский М. Н. Траппы и рудоносные интрузии Норильского района Госгеолтехиздат, 1959.

Годлевский М. Н. К вопросу о генезисе сульфидных медно-никелевых месторождений на Сибирской платформе. Изд-во АН СССР, «Геол. рудн м-ний», № 2, 1959.

Дзевановский Ю. К. К вопросу об образовании пластовых интрузий. Докл. АН СССР, т. 30, № 8, 1941

Дж-Тойт Геология Южной Африки. Пер. с англ. Ю. М. Шеймманна. Изд-во иностр. лит., М., 1957.

Елисеев Н. А., Елисеев Э. Н., Козлов Е. П., Лялин П. В. и Маслеников В. А. Геология и рудные месторождения Мончегорского плутона. Изд-во АН СССР, 1956.

Зонтов Н. С. Никелевые минералы норильских руд. Бюлл. техн. инф. Норильск, 1943.

Коровяков И. А. О пикритовых эффузивных траппах северо-западной части Сибирской платформы. Докл. АН СССР, т. 59, № 1, 1947.

Коровяков И. А. К вопросу о генезисе сульфидных медно-никелевых месторождений, связанных с сибирскими траппами. Докл. АН СССР, т. 61, № 6, 1948.

Котульский В. К. К вопросу о происхождении шпиров и жил сплошных сульфидов на месторождении Норильск I. Бюлл. техн. инф., № 3, Норильск, 1943.

Котульский В. К. Енисейское рудное поле. Бюлл. техн. инф., Норильск, 1943.

Котульский В. К. Современное состояние вопроса о генезисе медно-никелевых месторождений. «Сов. геол.», № 19, 1943.

Котульский В. К. К вопросу о происхождении магматических медно-никелевых месторождений. Докл. АН СССР, т. 51, № 5, 1946.

Котульский В. К. Вопросы, стоящие перед рудными геологами при изучении медно-никелевых сульфидных месторождений. «Сов. геол.», № 20, 1947.

Котульский В. К. О магматических и гидротермальных месторождениях. Изв. АН СССР, сер. геол., № 5, 1947.

Краснов И. И., Масалытис В. Л. Тектоника оленек-вилюйского водораздела в связи со строением окраинных зон Тунгусской синеклизы. Сб. «Мат.-лы по геол. Сибир. платформ», 1959.

Левинсон-Лессинг Ф. Ю. и др. Траппы Тулуно-Удинского и Братского районов в Восточной Сибири. Изд-во АН СССР, 1932 (Тр. Совещания по изучению производ. сил, сибирь, вып. 1).

Подолчихов В. Н. Серпентины и серпентиниты ичкерские и другие. ОНТИ НКТП, 1936.

Одинцов М. М., Труфанова А. Н. Древние вулканические кратеры в Тунгусском бассейне. Сб. «Мат.-лы по геол. и полезн. ископ. Вост. Сибири», вып. 28, 1948.

Оффман П. Е. Тектоника и вулканические трубки центральной части Сибирской платформы. В кн.: «Тектоника СССР», т. 4, Изд-во АН СССР, 1959.

Полькин Я. И. К стратиграфии эффузивного комплекса трапповой формации сев.-зап. части Сибирской платформы. Сб. «Геология Арктики», вып. 10, т. 102, 1959.

Роговер Г. Б. Месторождение Норильск I, некоторые его особенности, могущие иметь поисковое значение и рациональная методика его разведки. Госгеолтехиздат, М., 1959.

Рожков Б. Н. Материалы по металлоносности сибирских траппов 1933. (Тр. Вост.-Сиб. геол. треста, вып. 3).

Рожков Б. Н. Рудные месторождения металлогенической провинции сибирских траппов. Изд-во Главсевморпути, 1936 (Тр. 1-й геол.-разв. конф. по Сов. Арктике, т. 2).

Спиряжский Т. Н. О возрасте вулканогенных образований Сибирской платформы. Изд-во АН СССР, 1959. (Тр. по геол. Сиб. платф.).

Тиррелл В. Вулканы. Госгеолнефтьиздат, 1934.

Уокер Ф., Польтерварт А. Долериты Карру Южно-Африканского Союза. Геол. и петр. трапповых формаций. (Сб. статей.). Изд-во иностр. лит., 1950.

Урванцев Н. Н. Тектоника северо-западной части Сибирской платформы и перспективы никелевого оруднения и нефтеносности Сб. «Геол. Арктики», вып. 5, 1958.

Урванцев Н. Н. Енисейское рудное поле. Сб. «Геол. Арктики», вып. 50, т. 102, 1959.

Яковлева М. Е. Петрография дифференцированной интрузии габбро-диабазов горы Черной. Докл. АН СССР, т. 55, № 3, 1947.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| Предисловие | 3 |
| Введение | 5 |
| Краткие сведения по геологии Норильского района | 6 |
| Интрузивные траппы Норильского района | 10 |
| Возрастные взаимоотношения и условия образования интрузий | 16 |
| Морфология и структура интрузии Норильск I | 21 |
| Химико-минералогическая характеристика вкрапленных руд в нижних дифференциатах интрузии | 26 |
| Химико-минералогический состав вкрапленных и метасоматических руд в подстилающих интрузию породах | 36 |
| Жильные или сплошные сульфидные руды месторождения | 44 |
| Верхняя рудная зона | 51 |
| Некоторые выводы по генезису месторождения. Классификация руд | 52 |
| Литература | 57 |

Смирнов Михаил Федорович

**СТРОЕНИЕ НОРИЛЬСКИХ НИКЕЛЕНОСНЫХ ИНТРУЗИИ И ГЕНЕТИЧЕСКИЕ
ТИПЫ ИХ СУЛЬФИДНЫХ РУД**

Ведущий редактор *Л. Г. Рожкова*

Технический редактор *В. В. Быкова*

Корректор *Т. М. Столярова*

| | |
|----------------------------------|---|
| Подписано к набору 18/II 1966 г. | Подписано к печати 28/VII 1966 г. |
| Формат 60×90 ^{1/16} | Печ. л. 3,75. Уч.-изд. л. 3,6. Т-11702. Тираж 1400 экз. |
| Бум. № 2. | Цена 25 коп. Индекс 1-4-1. |
| Зак. № 1901/2361-4. | |

Издательство «Недра». Москва, К-12, Третьяковский проезд, 1/19.
Типография, пр. Сапунова, 2

ЦЕНА 25 КОП.

НЕДРА

1966

